রসায়নের গোড়ার কথা

দ্বিতীয় ভাগ

CHEMISTRY

(দশম মানের জন্য)

মেদিনীপুর কলেজের রসায়নশাস্ত্রের অধ্যাপক

অধ্যাপক শ্রীপতি দে, এম এস্ সি

প্রণীত

যাদবপুর ইউনিভার্সিটির রসায়ন শাস্ত্রের অবসরপ্রাপ্ত অধ্যাপক ও
বর্তমান নরেন্দ্রপুর রামকৃষ্ণ মিশন কলেজের রসায়ন শাস্ত্রের অধ্যাপক

শ্রীবিজয়কালী গোস্বামী, এম এস্ সি

কর্তৃক সংশোধিত ও পরিবর্ধিত

মডার্ণ বুক এজেন্সী প্রাইভেট লিমিটেড
১০, বঙ্কিম চ্যাটার্জী স্ট্রীট
কলিকাতা ১২

প্রকাশক,
শ্রীদীনেশচন্দ্র বসু
মডার্ণ বুক এজেন্সী প্রাইভেট লিঃ
১, বঙ্কিম চ্যাটার্জী স্ট্রীট
কলিকাতা—১২

প্রথম সংস্করণ, ১৯৫৯

একমাত্র পরিবেশক
বি বি ব্রাদার্স এণ্ড কো
কলেজ হষ্টেল রোড
গৌহাটী আসাম

মুদ্রাকর
শ্রীঅজিতকুমার বসু
শক্তি প্রেস
২৭।৩ বি, হরি ঘোষ স্ট্রীট কলিকাতা ৬

ভূমিকা

এই পুস্তকের প্রথম ভাগ এক বৎসর পূর্বে নবম শ্রেণীর সিলেবাস অনুসরণ করিয়া লেখা হয়। এইবার দ্বিতীয় ভাগ দশম শ্রেণীর জন্য অনুমোদিত সিলেবাস অনুসারে দশম শ্রেণীর ছাত্রছাত্রীদের উপযোগী করিয়া লিখিত হইল। পূর্বের পদ্ধতি অনুসারে মৌল ও যৌগ পদার্থের ইংরাজী নাম বাংলায় লিখিত হইল। পুস্তকের এই দ্বিতীয় ভাগেও যন্ত্রপাতির ইংরাজী ও বাংলা দুই প্রকার নামই ব্যবহৃত হইয়াছে এবং ছবির দ্বারা যতদূর সম্ভব তাহাদের ব্যবহার দেখান হইয়াছে। এই পুস্তক প্রণয়ন বিষয়েও ইংরাজীতে লেখা প্রামাণ্য গ্রন্থসমূহের সাহায্য লওয়া হইয়াছে। এই পুস্তকের পাণ্ডুলিপি আমার শ্রদ্ধেয় অধ্যাপক শ্রীবিজয়কালী গোস্বামী মহাশয় যত্নসহকারে দেখিয়া দিয়াছেন এবং ইহার প্রকাশনে আমাকে যথেষ্ট সাহায্য করিয়াছেন। তজ্জন্য আমি তাহার নিকট বিশেষ কৃতজ্ঞ। এবারেও পুস্তকখানি যাহাতে ভ্রমপ্রমাদ শূন্য হয় তাহার জন্য আপ্রাণ চেষ্টা করিয়াছি তবে কতদূর কৃতকার্য হইয়াছি তাহা সুধী শিক্ষকবৃন্দ অধ্যাপনাকালে আমাকে জানাইলে আমি বিশেষ কৃতজ্ঞ থাকিব।

পরীক্ষার মান কি প্রকারের হইবে তাহা এখনও জানা নাই। সেই কারণে পুস্তকে এমন অনেক বিষয় সন্নিবেশিত হইয়াছে যাহা হয়ত স্কুল ফাইনালের ছাত্রদের পক্ষে না জানিলেও চলিতে পারে। তবে যতদূর সম্ভব সিলেবাস অনুসারে পুস্তকখানি লেখা হইয়াছে এবং স্থানে স্থানে পরিষ্কারভাবে বিষয়টি বুঝাইবার জন্য কিছু সিলেবাস বহির্ভূত জিনিষ স্থান পাইয়াছে। এক্ষণে পুস্তকখানির উপযোগিতা বিষয়ে বিচারের ভার সুধী শিক্ষকবৃন্দ ও সুকুমারমতি ছাত্রছাত্রীদের উপর ন্যস্ত হইল। এবারও সুধী শিক্ষকবৃন্দের নিকট আমার সনির্বন্ধ অনুরোধ এই যে পুস্তকখানিকে আরও উন্নততর করিবার জন্য তাঁহারা আমাকে পরামর্শ দিয়া আন্তরিক কৃতজ্ঞতাপাশে আবদ্ধ করিবেন। ইতি—

মেদিনীপুর
এপ্রিল, ১৯৫৯

শ্রীপতি দে

SYLLABUS OF CHEMISTRY

FOR

HIGHER SECONDARY EXAMINATION

CLASS—X

Course Content	*Notes*
	(D—Demonstration by teacher)
1 Hydrogen peroxide preparation properties and uses	D—Apparatus for distillation under reduced pressure
2 (a) Law of conservation of mass	D—Apparatus to show that it holds good for burning of charcoal phosphorus or magnesium as also for other types of reactions
Laws of definite proportion and multiple proportions Examples to illustrate the laws	
(b) Dalton s Atomic Theory	Explanation of the laws of chemical combination by weight by this theory may well be omitted
3 Nitrogen and its compounds	
(i) Ammonia—Preparation (laboratory method as also synthesis*) properties uses Catalytic oxidation to nitric oxide and nitric acid *	*Description of commercial plants not required Refrigeration Visit to an ice factory
Ammonium salts—their uses Oxidation in the soil	
(ii) Sodium and Potassium nitrates Preparation of nitric acid (from nitrates and from ammonia) reactions of nitric acid (a) as an acid (b) as an oxidising agent	Only an elementary treatment of the action of nitric acid on metals in general is required

Course Content	*Note*
Nitrates action of heat on them	
(iii) Nitric oxide and nitrogen peroxide as reduction products of and in relation to nitric acid	Detailed study of these oxides is not required
Use of nitrous oxide in anaesthesia	
(iv) The Nitrogen cycle necessity of using nitrogenous fertilisers	D—Chart of the Nitrogen cycle
3 1 (a) Phosphorus as a chemical analogue of nitrogen	Treatment of the contents not to exceed one page
Preparation of phosphorus from phosphatic minerals white and red phosphorus	
Tri and pentoxide Ortho phosphoric acid (only preparation from bone ash and from phosphorus pentoxide) use of superphosphate of lime as manure	
(b) Arsenic as another member of the same family use of arsenates and arsenites	Treatment only in a short paragraph
4 Carbon and its oxides	
(a) Allotropic forms of carbon—uses of graphite and charcoal	Only definition and illustration of allotropy required D—Different allotropic forms D—To show use of charcoal for absorbing gases and for removing undesirable colouring matters
(b) Chalk limestone and marble Laboratory and commercial preparation of carbon dioxide its properties and uses	D—Chart of lime kiln Simple fire extinguishers

Course Content — *Note*

Carbonates and bicarbonates

D—Washing soda and baking powder

Composition of carbon dioxide by weight and by volume

D—Chart or assemblage of experimental arrangement

The Carbon Cycle Mineral waters

D—Chart of the Carbon or Carbon Dioxide Cycle

(c) Carbon monoxide—preparation, properties and uses

5 Behaviour of gases—Boyle s Law and Charles Law Gas equation

Experimental verification of these laws is not required in Chemistry

6 Gay Lussac s Law of Gaseous Volumes

7 Avogadro s Law and its applications

(i) (a) Relation between molecular weight and vapour density

(b) Establishment of formulae of ases from their volumetric composition

(c) Determination of atomic weights of elements Numerical problems

(ii) Gram molecule gram molecular weight Problems

8 Simple calculations from equations of reacting weights of substances and volumes of gases

9 Chlorine and its compounds

(i) (a) Sodium chloride Preparation and properties of hydrogen chloride volumetric composition

D—Apparatus for showing volumetric composition of the gas

Chlorides

Course Content	Notes
(b) Chlorine—Its production by the oxidation of hydrochloric acid and by electrolysis of the acid and of chlorides; properties	Only the chemistry of Weldon s and Deacon s Processes required
(c) Bleaching powder	Only preparation use and formula (without discussion)
	D—Bromine and iodine
(ii) Flourine bromine and iodine as other members of the halogen family	
Use of aqueous hydrofluoric acid iodine in medicine	D—Etching of glass
10 Sulphur and its compounds	
(i) Sulphur its extraction and uses	
(ii) Sulphur dioxide—Preparation;	Allotropic forms and the behaviour of sulphur on heating are not required
(a) by oxidation of sulphur and sulphide ores	Description of burners not required
(b) from sulphites	
(c) from sulphuric acid	
Properties uses as a bleaching agent and as a preservative	
(iii) Sulphuric acid Chemistry of its manufacture by lead chamber process and by contact process Its properties (a) as an acid (b) as a dehydrating agent	Descriptions of commercial plants are not required
Sulphates Alum	
(iv) Hydrogen sulphide—Preparation and properties Use as a laboratory reagent	
Sulphides	

সূচীপত্র

(দশম মানেব জন্য)

বিষয় পৃষ্ঠা

বিষয় পৃষ্ঠা

রসায়নের গোড়ার কথা

দ্বিতীয় ভাগ

(দশম মানের জন্য)

দ্বাদশ অধ্যায়

হাইড্রোজেন পার অক্সাইড

(Hydrogen peroxide)

সংকেত H_2O_2 আণবিক গুরুত্ব—34। আপেক্ষিক গুরুত্ব—1 47। হিমাঙ্ক— 1। সেন্টিগ্রেড।

1819 খ্রীষ্টাব্দে ইনি থেনার্ড (Thenard) কর্তৃক আবিষ্কৃত হয়।

অবস্থান হাইড্রোজেন পার অক্সাইড অস্থায়ী বস্তু সেই কারণে প্রকৃতিতে সাধারণত ইহা পাওয়া যায় না। বায়ুতে হাইড্রোজেন পুড়িবার সময় ইহা অতি অল্প পরিমাণে উদ্ভূত হয়।

প্রস্তুতি সাধারণত বেরিয়াম পার অক্সাইড বা সোডিয়াম পার অক্সাইডের উপর শীতল পাতলা (dilute) খনিজ (mineral) অ্যাসিডের ক্রিয়া দ্বারা হাইড্রোজেন পার অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

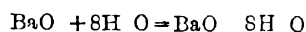
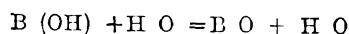
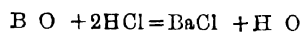
পরীক্ষাগারে সোদক বেরিয়াম পার অক্সাইডের লেই (paste) প্রস্তুত করিয়া তাহা ধীরে ধীরে বরফে স্থিত এবং বরফ দ্বারা শীতলীকৃত পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডে এরূপভাবে যোগ করা হয় যাহাতে দ্রবণে সামান্য অ্যাসিড পড়িয়া থাকে। অধঃক্ষিপ্ত বেরিয়াম সলফেট হইতে হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের দ্রবণ পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করা হয়।

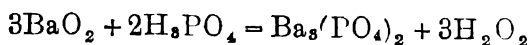
$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$$

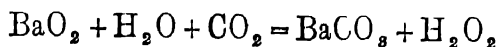
পরিস্রুত দ্রবণে ৩ হইতে 8% হাইড্রোজেন পার অক্সাইড থাকে।

দ্রষ্টব্য বাজারে যে বেরিয়াম পার অক্সাইড পাওয়া যায় তাহা অনার্দ্র (anhydrous) এবং তাহার সহিত পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলে বেরিয়াম সলফেট এবং হাইড্রোজেন পার অক্সাইড উৎপন্ন হয় বটে কিন্তু বেরিয়াম পার অক্সাইডের উপর অদ্রাব্য বেরিয়াম সলফেটের আস্তরণ পড়ে বলিয়া রাসায়নিক ক্রিয়া শীঘ্রই বন্ধ হইয়া যায়। সেই কারণে বাজারের বেরিয়াম পার অক্সাইডকে প্রথমত নিম্নে বর্ণিত উপায়ে সোদক বেরিয়াম পার অক্সাইড ($BaO_2\ 8H_2O$) পরিবর্তিত করা হয়।

বাজারের বেরিয়াম পার অক্সাইড চূর্ণ করিয়া একটি বীকারে [illegible] বরফ দ্বারা শীতলীকৃত পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে একটু একটু করিয়া যোগ করা হয় যতক্ষণ সামান্য অ্যাসিড পড়িয়া থাকে তখন তাহাতে বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের [illegible] করিয়া অ্যাসিড [illegible] করা হয়। এই অবস্থায় অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Al(OH)_3$] ও সিলিকা (SiO_2) অধঃক্ষিপ্ত হয়। দ্রবণকে পরিস্রাবণ করিয়া পরিস্রুত দ্রবণকে বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের সম্পৃক্ত দ্রব যোগ করিলে সোদক বেরিয়াম পার অক্সাইডের সাদা কেলাস অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$BaO_2 + 2HCl = BaCl_2 + H_2O_2$$
$$Ba(OH)_2 + H_2O_2 = BaO_2 + 2H_2O$$
$$BaO_2 + 8H_2O = BaO_2\ 8H_2O$$

সলফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ফসফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) ব্যবহার করা যায়।

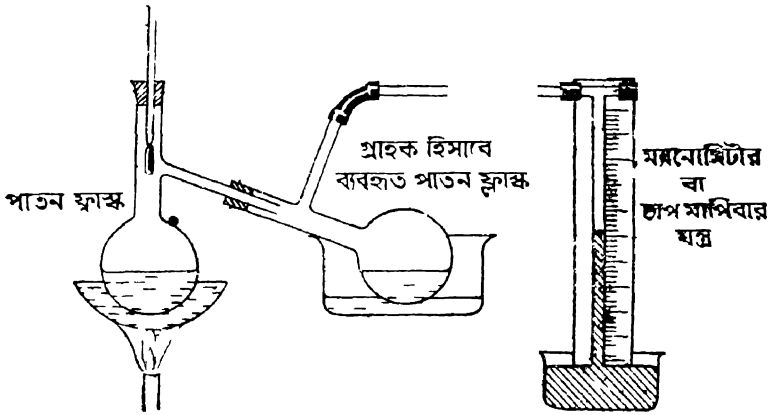
$$3BaO_2 + 2H_3PO_4 = Ba_3(PO_4)_2 + 3H_2O_2$$

মার্কের পদ্ধতি (Merck's Process) বীকারে কিছুটা জল লইয়া তাহা বরফ দ্বারা ঠাণ্ডা করা হয়। সেই ঠাণ্ডা জলে বেরিয়াম পার অক্সাইডের সূক্ষ্ম চূর্ণ যোগ করা হয়। তাহার পর বীকারটিকে বরফে বসাইয়া রাখিয়াই ভালভাবে ধৌত কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস মিশ্রণের ভিতর দিয়া দ্রুতভাবে চালনা করা হয় ইহাতে অদ্রাব্য বেরিয়াম কার্বনেট গঠিত হয় এবং দ্রবণে হাইড্রোজেন পার অক্সাইড উৎপন্ন হয়। পরিস্রাবণ দ্বারা বেরিয়াম কার্বনেট অপসারণ করিলে পরিস্রুত হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়।

$$BaO_2 + H_2O + CO_2 = BaCO_3 + H_2O_2$$

মার্কের পারহাইড্রল (Merck's perhydrol) হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের 30% দ্রবণকে পারহাইড্রল বলে। ইহার শিল্প উৎপাদন নিম্নলিখিত উপায়ে হইয়া থাকে।

20% মাত্রার সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণকে বরফ দ্বারা শীতল করা হয়। তাহাতে ক্রমে ক্রমে নির্ধারিত পরিমাণ সোডিয়াম পার অক্সাইড যোগ করা হয়।

$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$$

শৈত্যের প্রভাবে সোডিয়াম সলফেটের প্রায় ⅘ অংশ $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (Glauber's salt) এর কেলাসরূপে দ্রবণ হইতে পৃথক্ হইয়া যায়। হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের দ্রবণ আস্রাবণ দ্বারা পৃথক করিয়া অনুপ্রেষ পাতন (distillation

চিত্র ন 1

in vacuo) করা হয়। শেষ পাতিত অংশ গ্রহণ করা হয় এবং ভাল ছিপিযুক্ত বোতলে ভর্তি করিয়া Merck এর পার হাইড্রল বলিয়া বাজারে বিক্রয় করা হয়।

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার অক্সাইড (1) প্রথমত হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের পাতলা দ্রবণকে পোর্সিলেন বেসিনে লইয়া জলগাহে 70 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বাষ্পীভূত করা হয় যতক্ষণ না বুদ্বুদ দেখা দেয়। ইহার দ্বারা বেশী উদ্বায়ী জল বাষ্পীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের দ্রবণ ঘনীভূত হয়। বুদ্বুদ দেখা দিলেই পোর্সিলেন বেসিন জলগাহ হইতে নামাইয়া লওয়া হয় এবং তখন দ্রবণে 45% হাইড্রোজেন পার অক্সাইড থাকে। (2) এই দ্রবণকে কম চাপে পাতিত করা হয়। কম চাপে পাতনের ব্যবস্থা 1 ন ছবিতে দেখান হইয়াছে। একটি পাতন ফ্লাস্কে হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের 45% দ্রবণ লইতে হয়। পাতন ফ্লাস্কের পার্শ্বনল অন্য একটি পাতন ফ্লাস্কের মুখে ঢোকান থাকে। দ্বিতীয় পাতন ফ্লাস্কটি গ্রাহকের (receiver) কার্য করে। দ্বিতীয় ফ্লাস্কটি জলের কলের মুখে বসাইয়া ঠাণ্ডা

করা হয়। গ্রাহকের পার্শ্বনল একটি জলপাম্পের সহিত যুক্ত করা হয় এব এই স যোগ একটি শূন্য পরিস্রাবণ ফ্লাস্কের ভিতর দিয়া করা হয়। ছবিতে এই শূন্য পরিস্রাবণ ফ্লাস্কটি দেখান হয় নাই। প্রথমে পাতন ফ্লাস্কটি একটি জলগাহে বসাইয়া 35 হইতে 40 সেটিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয় এব কম চাপে পাতনক্রিয়া দ্বারা জল তাড়ানো হয়। ক্রমে 70 সেটিগ্রেড পর্যন্ত ফ্লাস্কটি উত্তপ্ত করা হয়। পাতন ফ্লাস্কে যে হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের ঘন দ্রবণ পড়িয়া থাকে তাহা সলফিউরিক অ্যাসিডের উপর বায়ুশূন্য শোষকাধারে রাখিলে জল বাষ্পীভূত হইয়া সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শোষিত হয়। এইরূপে 100% বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার অক্সাইড পাওয়া যায়।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্ম (Properties of H O)

ভৌতিক হাইড্রোজেন পার অক্সাইড দেখিতে অ্যাসিডের ন্যায় একটি ঘন তরল। একটি সাদা কাগজের উপর ইহা রাখিয়া দেখিলে কম গভীর অবস্থায় ইহা বর্ণহীন কিন্তু বেশী গভীর অবস্থায় ইহা নীলবর্ণ দেখায়। ইহা জল অপেক্ষা কম উদ্বায়ী। ইহা জলে কোহলে এবং ইথারে দ্রাব্য। ইহার ঘনাঙ্ক 1 47 (0 সেটিগ্রেডে)। ইহা 68 মিলিমিটার চাপে 84 সেটিগ্রেড উষ্ণতায় ফুটিয়া থাকে। প্রমাণ চাপে (760 মিলিমিটার) ইহার স্ফুটনাঙ্ক 151 সেটিগ্রেড কিন্তু তখন ফুটাইলে বিস্ফোরণ ঘটিয়া থাকে।

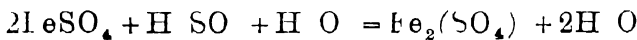
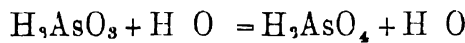
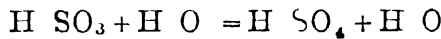
রাসায়নিক (1) হাইড্রোজেন পার অক্সাইড একটি অস্থিত পদার্থ এবং উত্তাপ দিলে ইহা অক্সিজেন ও জলে বিশ্লিষ্ট হয় $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$। এই বিশ্লেষণ অমসৃণ তলের সংস্পর্শে অথবা বক্স ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড (MnO_2) স্বর্ণ (Gold) বা প্লাটিনাম (Platinum) প্রভৃতি ধাতুর অতি সূক্ষ্ম গুঁড়া যোগ করিলে অথবা আলোকরশ্মি দ্বারা ত্বরান্বিত হয়। এমন কি রাখিয়া দিলে আপনা হইতেই হাইড্রোজেন পার অক্সাইড ধীরে ধীরে বিশ্লিষ্ট হয়।

পরীক্ষা (একটি পরীক্ষানলে হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের দ্রবণ লইয়া তাহাতে সামান্য পরিমাণ ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইডের কালো গুঁড়া যোগ কর। দেখিবে যে সঙ্গে সঙ্গে অক্সিজেন গ্যাস বুদ্বুদ আকারে বাহির হয়।) কিন্তু হাইড্রোজেন পার অক্সাইডে ফসফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) গ্লিসারিণ, বারবিটিউরিক অ্যাসিড প্রভৃতি মিশাইলে উহার আপনা হইতে বিশ্লেষণ মন্দীভূত

হয়। সেইজন্য বাজারে যে হাইড্রোজেন পার অক্সাইড পাওয়া যায় তাহাতে উক্ত দ্রব্যাদি মেশানো থাকে যাহাতে H_2O_2 সহজে নষ্ট হইয়া না যায়।

(2) হাইড্রোজেন পার অক্সাইড একটি শক্তিশালী জারক। (ক) ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর গুড়া এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইডের গুড়ার মিশ্রণে বা কার্বন ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইডের মিশ্রণে অথবা তুলাযুক্ত পশমে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ঢালিয়া দিলে আগুন জ্বলিয়া উঠে। ( ) ইহা কালো লেড সলফাইডকে জারিত করিয়া সাদা লেড সলফেট উৎপন্ন করে। $PbS+4H_2O_2=PbSO_4+4H_2O$

পরীক্ষা একখণ্ড ফিলটার কাগজ লেড অ্যাসিটেটের (Lead acetate) দ্রবণে ডুবাইয়া কিপের যন্ত্র হইতে প্রাপ্ত H_2Sএ (সলফিউরেটেড হাইড্রোজেনে) ধর। কালো রং এর PbS ফিলটার কাগজে লাগিয়া থাকিবে। তাহার উপর হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের দ্রবণ ঢাল। কালো রং চলিয়া যাইবে এবং সাদা লেড সলফেট ফিলটার কাগজে লাগিয়া থাকিবে।

(গ) ইহা সলফিউরস অ্যাসিডকে সলফিউরিক অ্যাসিডে আর্সেনিয়স অ্যাসিডকে আর্সেনিক অ্যাসিডে এবং ফেরাস লবণকে ফেরিক লবণে পরিবর্তিত করে।

$$H_2SO_3+H_2O_2=H_2SO_4+H_2O$$

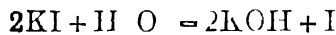
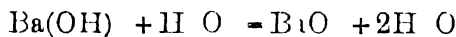
$$H_3AsO_3+H_2O_2=H_3AsO_4+H_2O$$

$$2FeSO_4+H_2SO_4+H_2O_2=Fe_2(SO_4)_3+2H_2O$$

(ঘ) ইহা পটাসিয়াম আয়োডাইড কে জারিত করিয়া আয়োডিন মুক্ত করে।

$$2KI+H_2O_2=2KOH+I_2$$

(ঙ) ইহা সোডিয়াম পটাসিয়াম ও বেরিয়ামের হাইড্রক্সাইডকে তাহাদের পার অক্সাইডে জারিত করে।

$$Ba(OH)_2+H_2O_2=BaO_2+2H_2O$$

এখানে হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের অম্লধর্মী ব্যবহার দেখা যায়। ধাতব পার অক্সাইডগুলি ইহার লবণ। উহা মনে করা যাইতে পারে যে যদিও হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের পাতলা দ্রবণ প্রশম (neutral) কিন্তু বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার অক্সাইড লিটমাসের সহিত অ্যাসিডের মত ব্যবহার করে অর্থাৎ নীল লিটমাসকে

লাল করে। বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার অক্সাইড, অ্যামোনিয়ার সহিত ক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়াম হাইড্রো পার অক্সাইড, $(NH_4)HO_2$ এবং অ্যামোনিয়াম পার অক্সাইড $(NH_4)_2O_2$ উৎপন্ন করে।

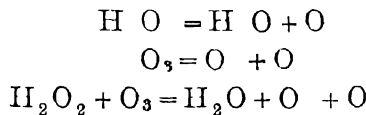
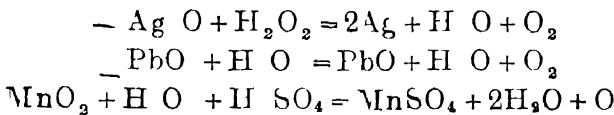
দ্রষ্টব্য বেরিয়াম পার অক্সাইড হইল সত্যিকারের (true) পার অক্সাইড কারণ ইহা শীতল ও পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার অক্সাইড উৎপন্ন করে কিন্তু ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড (MnO) সত্যিকারের [illegible] নয় কারণ ইহা কোন [illegible] অ্যাসিডের সহিত হাইড্রোজেন পার অক্সাইড দেয় না।

(3) **বিরঞ্জন গুণ** জারণের দ্বারা [illegible] দ্রব্যকে বিরঞ্জন করে। সহজে নষ্ট হইবার মত জিনিস যথা হাতির দাঁত পালক রেশম প[illegible] প্রভৃতি সকল সময়ে হাইড্রোজেন পার অক্সাইড দিয়া বিরঞ্জন করা হয়। ইহাতে ঐ সকল দ্রব্যের কোন ক্ষতি হয় না।

(4) **বিজারক ভাবেও** হাইড্রোজেন পার অক্সাইড সময় সময় ক্রিয়া করিয়া থাকে। কিন্তু সেই সকল রাসায়নিক ক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার অক্সাইডও জারিত না হইয়া বিজারিত হয় কতকগুলি শক্তিশালী জারকের সহিত H O এর রাসায়নিক প্রক্রিয়া এইভাবে সংঘটিত হয়। সিলভার অক্সাইড ওজোন [illegible] পার অক্সাইড অ্যাসিডযুক্ত ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড বা অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট $(KMnO_4)$ হাইড্রোজেন পার অক্সাইড দ্বারা বিজারিত হয়। এই বিজারণ প্রক্রিয়ায় যে সকল দ্রব্যের নাম [illegible] করা হইল [illegible] হইতে এক পরমাণু অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেন পার অক্সাইড হইতে এক পরমাণু অক্সিজেন উদ্ভূত হয় এবং এই দুই পরমাণু মিলিয়া অক্সিজেনের একটি অণু উৎপন্ন হয়। ওজোনের সহিত প্রক্রিয়া নিম্নলিখিতভাবে দেখান যায়।

$$H\ O = H\ O + O$$
$$O_3 = O\ + O$$
$$H_2O_2 + O_3 = H_2O + O\ + O$$

সেইরূপ

$$Ag\ O + H_2O_2 = 2Ag + H\ O + O_2$$
$$PbO\ + H\ O\ = PbO + H\ O + O_2$$
$$MnO_2 + H\ O\ + H\ SO_4 = MnSO_4 + 2H_2O + O$$
$$2KMnO_4 + 3H\ SO_4 + 5H_2O\ = K\ SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O$$

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের [illegible] র চলিয়া গিয়া দ্রবণ বর্ণহীন হয়।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের অভীক্ষণ (Test)

(1) হাইড্রোজেন পার অক্সাইড পটাসিয়াম আযোডাইডের দ্রবণে যোগ করিলে আয়োডিন বাহির ইয়া দ্রব কে বাদামী ব এ পরিবর্তিত করে। এই বাসায়নিক ক্রিয়া এমন কি ফেরাস সলফেটের উপস্থিতিতেও হইয়া থাকে। (ওজোন হ তে হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের পার্থক্য)।

(2) অ্যাসিডযুক্ত টাসিয়াম ডা ক্রোমেটে (K Cr O) হাইড্রোজেন পার অক্সাইড যোগ কবিলে দ্রবণের ব আকাশের মত নীল হয়। ইহার যোগ কবিয়া ঝাঁকাইলে ঐ নীল ব এর দ্রবণ হাবে সহিত উপর ভাসিয়া উঠে। কিছুক্ষণ বাখিলেই নীল হারের দ্র ণ সবুজ ব এ পরিবর্তিত য। নীল ব এর দ া হইল C O এর লবণ কিন্তু বাখিলে উহা ক্রোমিক সল ফ ট ভাঙ্গিয়া যাওয়ার দবাটির স জ য।

(3) টাইটানিয় মব ল বে হাইড্রোজেন ার ক্সা ড যোগ কবি ল ব বে কমলা লবব মত ব হয়।

(4) অ্যাসি াক্ত টাসিযাম পা ম্যাঙ্গানেটের বেগুনী ব এর দ্রবণে হা ড্রোজেন পার অক্সাইড যোগ কবিলে দ্র বের বেগুনী রং চলিয়া গিয়া বর্ণহীন য।

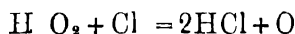
হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ব্যবহার

(1) হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের জলের দ্রবণ বেশী পবিমাণে ঔষধার্থে ব্যবহৃত হয় এবং বাজারে তাহা পাব হাইড্রল নামে বিক্রয় য। ইহা বিষাক্ত ক্ষত ধৌত কবিতে ব্যবহৃত হয় এবং মুখের ভিতর ধৌত করার জন্যও ব্যবহৃত হয়।

(2) পুবাতন তৈলচিত্রের ব ফিরাইয়া আনার জন্য ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে। তৈলচিত্রে Pb এর লবণ ব্যবহৃত য। বায়ুতে যে H_2S থাকে তাহা দ্বারা কালো PbS উৎপন্ন হইয়া তৈলচিত্রের ব কালো হইয়া যায়। সুতরাং সেই কালো তৈলচিত্রকে H O দ্বারা পরিষ্কার কবিলে কালো PbS সাদা $PbSO_4$ এ পরিণত হয় এবং তৈলচিত্রের পূর্বের ব ফিরিয়া আসে।

(3) হাতির দাত পালক বাম ও পশম বিবর্ণ করিতে হাইড্রোজেন পার অক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

(4) ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত দ্রব্য হইতে ক্লোরিণ অপসারণ করিতে ক্লোরিণ-অপসারক (antichlor) হিসাবে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে।

$$H_2O_2 + Cl_2 = 2HCl + O_2$$

(5) পরীক্ষাগারে শক্তিশালী জারক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

Questions

1 Describe the process for preparing hydro en peroxide in the laboratory What is perhydrol ? State what you know about its preparation

State what happens when hydrogen peroxide solution is added one by one to the solution of the followin —(a) potassium iodide (b) ferrous sulphate acidified with sulphuric acid (c) barium hydroxide (d) potassium perman anate acidified with sulphuric acid

Give equat on in each case

১। প ক্ষ গা হা ড্রে জন প অক্সাইড প্র তের প্রণ ন বর্ণনা কর। পার হাইড্রল কাহাকে বলে ? ইহা প্রস্তুত প্রণ ন সম্বন্ধে যাহা জান লিখ নিম্নলিখিত পদার্থগুলির দ্রবণ লই হ ক হাইড্রো জন পার অক্স ইড দ্রবণ যোগ করিলে কি ঘটিয়া থাকে হা ব ন কর স করণদ্বারা বিক্রিয়াগুলি প্রক শ কর —(ক) পটাসিয়াম আয়োডাইড (খ) সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত ফেরাস সলফট (গ) বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড (ঘ) সলফিউরিক আ সিডযুক্ত পটাসিয়াম পা ম্যাঙ্গ নেট।

2 How is hydro en peroxide prepared ? State its important properties and uses

What happens when a dilute aqueous solution of hydrogen peroxide is evapo ated on a water bath ?

(Higher Secondary West Ben al 1960)

২। হাইড্রোজেন পার অক্সাইড কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? ইহার বিশেষ বিশেষ ধর্ম এবং ব্যবহার উল্লেখ কর যখন হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের পাতলা দ্রবণ জলগাহের উপর বাষ্পীভূত করা হয় তখন কি ঘটিয়া থাকে ?

3 What pro edure i followed in order to get 100% hydro en peroxide from an ordinary solution of thi sub tance ? Describe the physical and chemi al properties of h dro en peroxide as far as possible

৩। বিশুদ্ধ ১০০ হাইড্রোজেন পার অক্সাইড হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের দ্রবণ হইতে কি প্রক্রিয়া অবলম্বন করা হয় ? হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বর্ণনা কর।

4 Hydro e pe oxide acts both as an oxidi in and a reducin a ent Di cuss the statement with examples

৪। পার অক্সাইড জারক ও বিজারক উভয়রূপে বিক্রিয়া করিয়া থাকে। উদাহরণ সহ আলোচনা কর।

5 Hydrogn peroxide breaks down when heated and oxygen and water are produced —What experiments are to be performed in order to support this statement ? Express the reaction by an equation

৫। হাইড্রোজেন পার অক্সাইড উত্তাপে ভাঙ্গিয়া যায় এবং অক্সিজেন ও জল উৎপন্ন হয় —এই উক্তির সমর্থনে কি কি পরীক্ষা করা প্রয়োজন ? সমীকরণ দ্বারা প্রক্রিয়াটি প্রকাশ কর।

6 State what you know about the uses of hydrogen peroxide State what happens when manganese dioxide alone and manganese dioxide along with snlphuric acid are added to hydrogen peroxide solution Express the reactions by equations Make out a comparative study of hydrogen peroxide and oxygen

৬। হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের দ্রবণে কেবল ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড এবং সলফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড যোগ করিলে যাহা ঘটিয়া থাকে তাহা বর্ণনা কর। সমীকরণদ্বারা বিক্রিয়া দুইটি প্রকাশ কর। হাইড্রোজেন পার অক্সাইড এবং অক্সিজেনের ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা কর।

7 BaO is called barium peroxide but MnO is called manganese dioxide why ?

Describe how a dilute aqueous solution of hydrogen peroxide may be prepared in the laboratory How would you show that hydrogen peroxide (a) is an oxidising agent (give two reactions with equations) (b) decomposes into oxygen ?

(Higher Secondary West Bengal 1962)

৭। BaO কে বেরিয়াম পার অক্সাইড বলা হয় কিন্তু MnO_2 কে ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড বলা হয় কেন ?

পরীক্ষাগারে কিভাবে হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের পাতলা জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় তাহা বর্ণনা কর। হাইড্রোজেন পার অক্সাইড (ক) একটি জারক দ্রব্য (দুইটি সমীকরণ সমেত প্রক্রিয়ার বর্ণনা দিয়া) এবং (খ) ভাঙ্গিয়া অক্সিজেন দেয় তাহা কিভাবে দেখান যায় তাহা বর্ণন কর।

8 How would you prepare a dilute but otherwise pure aqueous solution of hydrogen peroxide ?

Give particulars with equations of four experiments you would perform to distinguish between this dilute solution and water

(Higher Secondary West Bengal 1964)

৮। **পাতলা কিন্তু বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের দ্রবণ কিভাবে প্রস্তুত করিবে ?**

এই পাতলা হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের দ্রবণের জল হইতে বিভিন্নত কি প্রকারে পরীক্ষামূলকভাবে দেখাইবে তাহা সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর। চারটি পরীক্ষার বর্ণনা দিতে হইবে।

ত্রয়োদশ অধ্যায়

জড়ের নিত্যতা সূত্র

(Law of Conservation of Mass)

এই সূত্রটি অপরভাবে "বস্তুর অবিনাশিতা (**Law of Indestructibility of matter**) নামেও অভিহিত হয়।

জড় অবিনশ্বর জড় সৃষ্টি করা যায় না অথবা তাহা বিনাশ করা যায় না প্রত্যেক রাসায়নিক ক্রিয়ার পূর্বে ও পরে বিক্রিয়মান জড়ের ওজন লইলে জড়ের মোট ওজন সমান থাকে। এই পৃথিবীতে কোন প্রকারেই একটি কণা জড় সৃষ্টি বা বিনষ্ট করা যায় না।

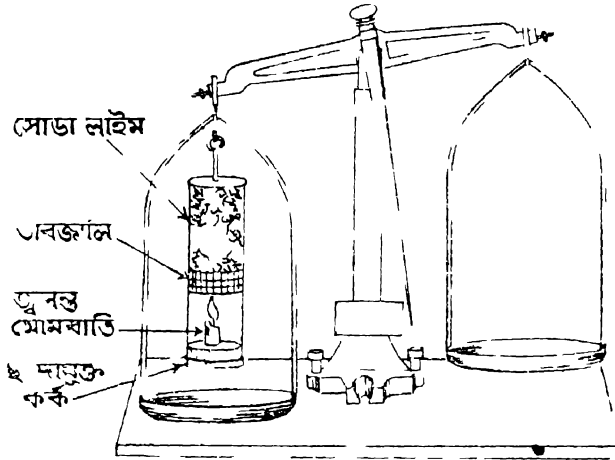
একটি মোমবাতি যখন জ্বালাইয়া দেওয়া হয় এবং তাহা পুড়িতে থাকে তখন স্পষ্ট দেখা যায় যে বাতির ক্ষয় হইতেছে। সুতরাং উহার ওজন কমিয়া যাইবেই কাঠ বা কয়লা যখন পোড়ে তখন কাঠ বা কয়লা ক্রমশঃ ক্ষয়প্রাপ্ত হইয়া অদৃশ্য হয়। যেটুকু ভস্ম থাকিয়া যায় তাহার ওজন উহা দগ্ধ দ্রব্যের ওজন অপেক্ষা অনেক কম। কেরোসিন বা স্পিরিট পোড়াইলে কিছুই অবশিষ্ট থাকে না। জল বা কর্পূর কিছুক্ষণ বাতাসে রাখিয়া দিলে অদৃশ্য হয়। এই সকল ঘটনা হইতে স্বতঃই মনে হয় পদার্থ বিনষ্ট হইতেছে বা ধ্বংস হইয়া যাইতেছে।

অপর পক্ষে একটি তারের এক টুকরা ম্যাগনেসিয়াম ওজন করিয়া লইয়া তাহাকে আগুন ধরাইয়া জ্বালান হইলে দেখা যায় যে কিছুটা ভস্ম পড়িয়া থাকে। ভস্মটুকু

লইয়া ওজন করিলে দেখা যায় যে, ভস্মের ওজন ম্যাগনেসিয়ামের ওজন অপেক্ষা বেশী। আবার কয়েকটি উজ্জ্বল লোহের পেরেক ওজন করিয়া কয়েকদিন বাতাসে ফেলিয়া রাখিলে তাহাতে মরিচা পড়ে এবং পরে উহাদের ওজন করা হইলে দেখা যায় যে ওজন বাড়িয়া গিয়াছে। এক টুকরা তামা ওজন করিয়া চিমটা দিয়া ধরিয়া বুনসেন দীপে কিছুক্ষণ পোড়াইলে দেখা যায় যে তামার লাল রং বদলাইয়া আস্তে আস্তে কালো হইয়া যায়। সেই কালো টুকরা ওজন করিলে দেখা যায় যে তামার ওজন অপেক্ষা উহা ওজনে বেশী হইয়াছে। এই সমস্ত পরীক্ষা হইতে মনে হয় যে জড় সৃষ্ট হইল। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে ম্যাগনেসিয়াম বা লোহ বা তামা বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হওয়ায় তাহাদের অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং তাহার জন্যই তাহাদের ওজন বাড়ে। প্রত্যেক রাসায়নিক ক্রিয়ায় এইরূপ জড়ের রূপ বদলায় এবং সেই কারণে বস্তুর ভর পরিবর্তিত হয় ও নূতন জড় সৃষ্ট হইয়াছে বলিয়া মনে হয়। যদি ম্যাগনেসিয়াম লইয়া পরীক্ষা করিবার সময় ম্যাগনেসিয়ামের ওজন ও যে পরিমাণ অক্সিজেন ম্যাগনেসিয়ামের সহিত যুক্ত হয় তাহার ওজন লওয়া সম্ভব হয় তবে উভয়ের ওজন একত্র করিলে ম্যাগনেসিয়ামের ভস্মের ওজনের সহিত সমান হইবে। তাহা হইতে বুঝা যাইবে যে অতিরিক্ত কোন বস্তুর উৎপত্তি হয় নাই।

আবার মোমবাতি যখন পুড়িয়া অদৃশ্য হয় তখন মনে হয় বস্তুর বিনাশ হইল। কিন্তু ইহা সত্য নয়। মোমবাতির মোম যখন পোড়ে তখন তাহার উপাদানসকল বায়ুর অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া দুইটি অদৃশ্য গ্যাসীয় পদার্থে রূপান্তরিত হয়। একটি হইল জলীয় বাষ্প এবং অপরটি কার্বন ডাই অক্সাইড। এই পদার্থ দুইটি গ্যাসীয় বলিয়া আমাদের দৃষ্টি এড়াইয়া যায় এবং তাহার জন্যই মোমবাতির বিনাশ হইল বলিয়া মনে হয়। মোমবাতি লইয়া নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা উপরের উক্তির সত্যতা প্রমাণিত হয়

বাতির দহনের পরীক্ষা একটি মোটা কাচনল লইয়া তাহার নিম্নদিকে একটি কতিপয় ছিদ্রযুক্ত ছিপি লাগান হইল। ঐ কাচনলের মাঝামাঝি একটি তামার তার জালি (wire guage) স্থাপন করা হইল। তার জালির উপরের অংশে কলিচুন (quicklime) ও সোডালাইম (soda lime) ভর্তি করা হয়। ছিদ্রযুক্ত ছিপির উপর এক টুকরা মোমবাতি আটিয়া লওয়া হয় এবং উক্ত বাতিসমেত ছিপ দিয়া নলের নিম্নভাগ বন্ধ করা হয়। তাহার পর কাচনলটি একটি সূতায়

বাঁধিয়া একটি তুলাদণ্ডের বামবাহুর হুক হইতে ঝুলাইয়া দিয়া দক্ষিণ বাহুতে ওজন বসাইয়া ওজন কবা হয়। প ব তুলাযন্ত্র থামাইয়া বাতিসমেত ছিপিটি খুলিয়া

মোম বাতিব দহনেব পব ওজন বৃদ্ধি

চিত্র ন 2

বা তিতে অগ্নিস যোগ কবা হয এব শীঘ্র শীঘ্র পুনবায ছিপিটি স্বস্থানে বাখা হয়। বাতি জ্বলে এব জ্বলিবাব সময মোমেব কার্বন ও হাইড্রোজেন বায়ুব অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই অক্সাইড ও জলীয বাষ্প উৎপন্ন কবে। উক্ত CO_2 এব জলীয় বাষ্প যথাক্রমে সোডালাইম ও কলিচুন দ্বাবা শোষিত হয। সেই কারণে কাচন লব ভিতব আ িক ৃন্যতা ঘটে এব ছিদ্র দিযা বায়ু নলে ঢোকে। বায়ু থাকায বা ি জ্বলিতে থাকে। কিছুক্ষণ পবে বাতি নিভি া যায়। তখন যন্ত্রটিকে ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হয় এব ঠাণ্ডা হইলে ওজন লওয়া য। দেখা যায় যে ওজন কমে না, জন বৃদ্ধি য। অ এব দে া যাইতেছে বা ত বিনষ্ট য না। আব ব ি জন কে ন ূ ন জনেব ক া সৃষ্টিব হ য়। বাতিব কার্বন ও হা ড্রো ন বায়ুর অক্সিজে নব সঙ্গে মিলিত ওয়াব ফলে ওজন বৃদ্ধি পা য়াছে। যদি অক্সি নেব ওজন লওয়া ইত তবে দে া াইত যে কাচনলে বর্ধিত ন এ অক্সি নেব ওজনেব সমান। এ তে বাতিব উপাদান বাসা নিক ি ক্রিয়ার ফলে রূপান্তরিত য়াছে মাত্র।

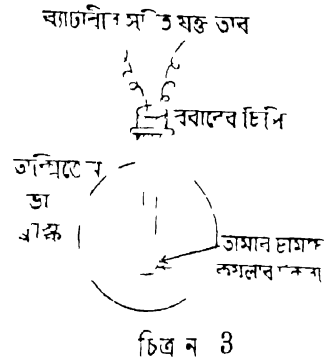
কাঠকয়লাব (Charcoal) দহনেব পবীক্ষা। একটি গোলতলা বিশিষ্ট ফ্লাস্ক ব মুখে এমন একটি রবা বব ছিপি লা াইয়া বেশ শক্ত করিয়া লাগান

যায়। সেই রবারের ছিপির মধ্য দিয়া দুইটি সামান্য মোটা তামার তার প্রবেশ করান হয়। একটি তামার তারের অগ্রভাগে একটি তামার ছোট বাটি ঝাল দিয়া আটকান হয়। বাটিতে এক টুকরা কাঠ কয়লা লওয়া হয়। তাহার পর উক্ত কাঠ কয়লায় একটি সরু প্লাটিনামের তার জড়াইয়া উক্ত প্লাটিনাম তারের দুই প্রান্ত তামার মোটা তার দুইটির গায়ে যথাক্রমে জড়াইয়া দেওয়া হয়। এক্ষণে ফ্লাস্কটি হইতে বায়ু বিতাড়িত করিয়া অক্সিজেন পূর্তি করা হয় এবং ছিপিটি তার ও বাটিসমেত জোরে আটকাইয়া দেওয়া হয়। তাহার পর ফ্লাস্কটি ভালভাবে ওজন করা হয়। তাহার পর বাহিরের তামার তারের প্রান্ত দুইটি তড়িৎ কোষের দুই মেরুর (poles) সহিত যোগ করা হয়। ইহার ফলে সরু প্লাটিনাম তারের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয় এবং উহা লোহিত তপ্ত হইয়া উঠে। তাহার ফলে কাঠকয়লায় আগুন ধরিয়া যায়। তখন উহা অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অদৃশ্য কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাসে রূপান্তরিত হয়। দহন শেষ হইলে তড়িৎ কোষের সহিত সংযোগ বিচ্ছিন্ন করা হয় এবং যন্ত্রটিকে ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হয় এবং ঘরের উত্তাপে আসিলে উহা ওজন করা হয়। তখন দেখা যায় যে যদিও কাঠকয়লার টুকরাটি পুড়িয়া সামান্য একটু ছাইমাত্র অবশিষ্ট রাখিয়া একেবারে বিনষ্ট হইয়াছে কিন্তু তাহাতে

চিত্র নং 3

যন্ত্রটির সর্বসমেত ওজনের কোন ব্যতিক্রম হয় নাই। পূর্বের ওজন এবং পরের ওজন একই আছে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে কয়লার টুকরাটি বিনষ্ট হয় নাই কেবলমাত্র রূপান্তরিত হইয়া অদৃশ্য কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করিয়াছে।

এই পরীক্ষা কাঠকয়লার টুকরার স্থলে ম্যাগনেসিয়ামের টুকরা বা ফসফোরাসের টুকরা লইয়া করিলেও দেখা যাইবে যে পরীক্ষার পূর্বে ও পরে যন্ত্রের ওজনের কোন তারতম্য হয় না।

ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা (Lavoisier's Experiment) ল্যাভয়সিয়ার একখণ্ড টিন ওজন করিয়া একটি বায়ুপূর্ণ কাচের বক যন্ত্রের মধ্যে রাখেন এবং তাহার পর বক যন্ত্রের মুখের কাচ গলাইয়া তাহা বন্ধ করেন। তাহার পর টিন সমেত বক যন্ত্রটি ওজন করিয়া অনেকক্ষণ পর্যন্ত তাহাকে উত্তপ্ত করেন। ইহার ফলে

কিছুটা টিন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া টিন অক্সাইডে পরিণত হয়। উত্তপ্ত করার ফলে যখন আর কোন পরিবর্তন দেখা যায় না তখন তিনি বক যন্ত্রটি শীতল করিয়া সাধারণ উষ্ণতায় আসিলে ওজন করেন। বক যন্ত্রটির ওজনের কোন পরিবর্তন দেখা যায় না। এই পরীক্ষার ফলে তিনি বুঝিলেন যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে কোন পদার্থ ধ্বংস প্রাপ্ত হয় না কেবলমাত্র রূপান্তরিত হয়।

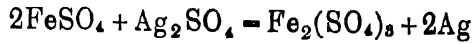
ল্যাভয়সিয়ারই প্রথম জড়ের নিত্যতা সূত্র হিসাবে প্রচার করেন। সূত্রটি এই প্রকারে বলা হয় **রাসায়নিক ক্রিয়ার আগে ও পরে জড়ের ওজনের বিন্দুমাত্র ব্যতিক্রম হয় না।** ইহা রসায়নশাস্ত্রের একটি মূল সূত্র এবং ইহার উপরই সমগ্র রসায়নশাস্ত্র গঠিত হইয়াছে।

ল্যাণ্ডোল্টের পরীক্ষা ল্যাণ্ডোল্ট 1908 খৃষ্টাব্দ পর্যন্ত পনর বৎসর ধরিয়া জড়ের নিত্যতা সূত্র কতদূর পর্যন্ত সত্য তাহা পরীক্ষা করিয়া দেখেন। তিনি নানা প্রকারের রাসায়নিক ক্রিয়ার সাহায্যে ইহার সত্যতা প্রমাণিত করেন। সাধারণত যে সমস্ত রাসায়নিক ক্রিয়া যাহাতে খুব কম পরিমাণে তাপ উৎপাদিত হয় তাহাই তাহার পরীক্ষায় ব্যবহৃত হয়।

ল্যাণ্ডোল্ট একটি H আকারের কাচের নল লইয়া পরীক্ষাকার্য চালান। নিম্নে তাঁহার একটি পরীক্ষার বর্ণনা দেওয়া হইল। H নলের নিম্নের দিক বন্ধ করা থাকে। উপরের খোলা মুখ দুইটি দিয়া দুইটি নলে যথাক্রমে তাহাদের দুই তৃতীয়াংশ ফেরাস সলফেটের দ্রবণ এবং সিলভার সলফেটের দ্রবণ দ্বারা ভরিয়া লওয়া হয়। তাহার পর নলটিকে সোজা করিয়া বসাইয়া অতি সন্তর্পণে খোলা মুখ দুইটি গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। এইরূপ করার ফলে চলকাইয়া কোন দ্রব নষ্ট হইবার উপায় থাকে না। তাহার পর এইরূপে একটি H নল উত্তম সুবেদী তুলাযন্ত্রের ডানদিকের পাল্লায় রাখিয়া বামদিকে দ্রবপূর্ণ H নলটি ঝুলাইয়া দিয়া পরে ওজন সংযোগে সম ওজন করা হয় (weighing with a counterpoise)। তাহার পর নলটিকে কাত করিয়া ঝাঁকাইয়া দ্রবণ দুইটি মিশ্রিত করা হয়।

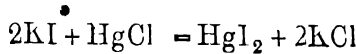
চিত্র নং 4

তাহার ফলে দুই দ্রবণের ভিতর রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটে এবং ধাতব সিলভার উৎপন্ন হয়।

$$2FeSO_4 + Ag_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 2Ag$$

তাহার পর নলটিকে ঠাণ্ডা করিয়া আবার সেই তুলাদণ্ডের বাম বাহুতে ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। তখন দেখা যায় যে ওজন পূর্বের মত একই আছে।

এখানে যদিও রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে সিলভার উৎপন্ন হইয়াছে তাহা হইলেও নূতন কোন জড় উৎপন্ন নাই কেবল নূতন ব্যবস্থাপনা হইয়াছে।

এইভাবে H নলের একটি বাহুতে পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণ এবং অপর বাহুতে মারকিউরিক ক্লোরাইডের দ্রবণ লইয়া ঝাঁকাইলে লাল মারকিউরিক আয়োডাইড উৎপন্ন হয় কিন্তু রাসায়নিক ক্রিয়ার আগে ও পরে সমগ্র দ্রবণের ওজন একই থাকে।

$$2KI + HgCl_2 = HgI_2 + 2KCl$$

এই সমস্ত পরীক্ষা হইতে জড়ের নিত্যতা সূত্র দৃঢ়ভাবে প্রমাণিত হইয়াছে।

Questions

1. Describe two experiments in support of the statement—Matter is indestructible

১। পদার্থ ধ্বংস হয় না—এই উক্তির সমর্থনে দুইটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

2. State the law of conservation of mass How would you verify it experimentally? How do you explain the loss in weight of a candle on burning it in open air?

(Higher Secondary West Bengal 1960)

২। জড়ের নিত্যতা সূত্রটি লিখ। পরীক্ষামূলকভাবে ইহার সত্যতা কিভাবে প্রমাণ করিবে? খোলা বাতাসে একটি মোমবাতি পোড়াইলে তাহা নষ্ট হইয়া যায় এই বিষয়টি কিভাবে ব্যাখ্যা করিবে?

3. State the law of conservation of mass That the metal calx weighs more than the metal is an experimental truth how can you correlate this with the law of conservation of mass?

৩। জড়ের নিত্যতা সূত্রটি লিখ। ধাতু অপেক্ষা ধাতুর ভস্মের ওজন বেশী—এই পরীক্ষালব্ধ সত্যটির জড়ের নিত্যতা সূত্রের সহিত কিভাবে সমন্বয় সাধিত হইয়াছে দেখাও।

4 When charcoal is set fire to it burns away leaving a little ash Here apparently matter is destroyed But the law of conservation of mass states that matter is indestructible Describe how experiment is to be conducted to correlate the apparent destruction of matter with the law of conservation of mass

৪। অঙ্গারে অগ্নিসংযোগ করিলে উহা পুড়িয়া যায় এবং অতি সামান্য ছাই পড়িয়া থাকে। এইখানে দৃশ্যত পদার্থের ধ্বংস সাধিত হইতেছে। কিন্তু জড়ের নিত্যতা সূত্র বলে যে জড়ের বিনাশ নাই। কিভাবে পরীক্ষা পরিচালনা করিলে জড়ের নিত্যতা সূত্রের সহিত পরিদৃশ্যমান পদার্থের ধ্বংসের সমন্বয় সাধন সম্ভব হয় তাহা বর্ণনা কর।

5 State the law of conservation of mass Describe one experiment each to show that the law holds good for (a) rusting of iron (b) burning of charcoal (c) sublimation of camphor

(Higher Secondary West Bengal 196)

৫। জড়ের নিত্যতা সূত্রটি দিয়া (ক) লোহায় মরিচা ধরা ( ) কাঠকয়লার দহন এবং (গ) কর্পূরের ঊর্ধ্বপাতন এই তিনটি ক্ষেত্রে পরীক্ষামূলকভাবে দেখাও যে সূত্রটি সত্য

6 Write short note on the Law of Conservation of Mass

(Higher Secondary West Bengal 1963

৬। জড়ের নিত্যতা সূত্র সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।

চতুর্দশ অধ্যায়

রাসায়নিক সংযোগ সূত্রসমূহ

(Laws of Chemical Combination)

রাসায়নিক সংযোগ সংঘটিত হইবার সময় যে কোন পরিমাণের একটি মৌলিক পদার্থ যে কোন পরিমাণের অন্য একটি মৌলিক পদার্থের সহিত সংযুক্ত হইতে পারে না। পরিমাণ সম্পর্কে রাসায়নিক সংযোগ কতকগুলি নিয়মানুসারে ঘটিয়া থাকে। এই নিয়মগুলির সত্যতা বিজ্ঞানীরা পরীক্ষাদ্বারা নির্ণয় করিয়াছেন এবং কোনস্থলে ইহাদের ব্যতিক্রম লক্ষিত হয় নাই।

পাঁচটি সূত্রদ্বারা সমস্ত রাসায়নিক সংযোগ নিয়ন্ত্রিত হয়। তাহার মধ্যে চারিটি সূত্রই জড়ের ওজন বিষয়ক এবং পঞ্চমটি জড়ের আয়তন সম্পর্কিত। এই পাঁচটি সূত্র যথাক্রমে—(ক) জড়ের নিত্যতা সূত্র (Law of Conservation of Mass ল্যাভয়সিয়ার) (খ) স্থিরানুপাত সূত্র (Law of Constant Proportions প্রাউস্ট) (গ) গুণানুপাত সূত্র (Law of Multiple Proportions ডাল্টন)। (ঘ) বিপরীতানুপাত বা তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্র (Law of Reciprocal or Equivalent Proportions রিকটার) (ঙ) গ্যাসায়তন সূত্র (Law of Gaseous Volumes গেলুসাক)।

(ক) জড়ের নিত্যতা সূত্র **যে কোন প্রকারের রাসায়নিক ক্রিয়ার পূর্বে ও পরে জড়পদার্থগুলির মোট ভর একই থাকে।** রসায়নশাস্ত্রে ইহা একটি মূল বিধি হিসাবে গণ্য হইয়া থাকে। অন্যভাবে এই বিধি নিম্নলিখিতভাবে উল্লিখিত হয়।

ক্রিয়াশীল পদার্থসমূহের সমগ্র ভর = উৎপন্ন পদার্থসমূহের সমগ্র ভর। দুইটি ক্রিয়াশীল পদার্থ যথাক্রমে **ক** ও **খ** এবং তাহাদের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে **গ** ও **ঘ** পদার্থ দুইটি উৎপন্ন হয় তাহা হইলে সমীকরণ হিসাবে **ক + খ = গ + ঘ**।

এই অবস্থায় **ক** ও **খ** এর সমগ্র ভর বা ওজন **গ** ও **ঘ** এর সমগ্র ভর বা ওজনের সমান হইবেই হইবে।

দৃষ্টান্ত যদি x গ্রাম ওজনের সোডিয়ামের y গ্রাম ওজনের ক্লোরিণের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হওয়ার ফলে z গ্রাম ওজনের সোডিয়াম ক্লোরাইড

(NaCl খাদ্যলবণ) উৎপন্ন হয় তবে $x+y=z$ হইবেই। ত্রয়োদশ অধ্যায়ে এ সম্বন্ধে বিশদ আলোচনা দেওয়া হইয়াছে।

স্থিরানুপাত সূত্র (Law of Definite or Constant Porportions)

প্রত্যেক যৌগিক পদার্থ সবদাই একই প্রকাব মৌলিক পদার্থসমূহের দ্বারা গঠিত এব‍ং সেই যৌগিক পদার্থের মৌলিক উপাদানগুলিব ওজনের অনুপাত সবদা একই হয। অন্য কথায প্রত্যেক যৌগিক পদার্থেব মৌলিক উপাদানগুলি নির্দিষ্ট এব‍ং উপাদানগুলির ওজনেব অনুপাতও নির্দিষ্ট থাকে সেই যৌগিক পদার্থটি যে কোন উপাযেই প্রস্তুত কবা হউক না কেন বা যে কোন স্থান হইতেই স‍ংগৃহীত হউক না কেন।

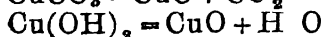
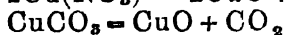
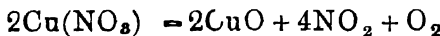
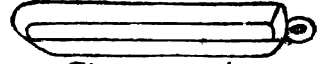
দৃষ্টান্ত (1) জল নানাস্থান হইতে স‍ংগ্রহ করা যায যথা পুকুর নদী সমুদ্র প্রভৃতি। আবাব বিভিন্ন উপাযে জল প্রস্তুত কবা সম্ভব। কিন্তু সকল ক্ষেত্রেই জল লইযা বিশুদ্ধ করিযা তড়িৎ দ্বারা বিশ্লেষণ কবিলে দেখা যাইবে যে জল সর্বদাই দুইটি মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের স‍ংযোগে গঠিত। আবাব উক্ত বিশ্লেষণ দ্বারা সকল স্থলেই দেখা যায় যে 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত 8 ভাগ অক্সিজেন স‍ংযুক্ত হইয়া 9 ভাগ জল উৎপন্ন কবিয়াছে।

(2) খাদ্যলবণ (NaCl) সমুদ্র জল হইতে পাওযা যায়। আবার খনিতেও খাদ্যলবণ পাওযা যায়। পরীক্ষাগারেও নানা উপায়ে খাদ্যলবণ প্রস্তুত করা যায়। কিন্তু যে কোন স্থান হইতেই খাদ্যলবণ পাওয়া যাউক না কেন বিশুদ্ধ করার পর পরীক্ষা দ্বারা দেখা যাইবে উহাতে সোডিযাম ও ক্লোরিণ মৌলিক পদার্থদুইটি বর্তমান এব‍ং তাহাদের ওজনেব অনুপাত সর্বদাই 23 : 35.45।

অতএব বলা যাইতে পারে যে যৌগিক পদার্থমাত্রই নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থ সমূহের নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে রাসায়নিক স‍ংযোজনেব ফলে উৎপন্ন হয়।

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা স্থিরানুপাত সূত্রটির সত্যতা পরীক্ষাগারে নির্ণীত হইতে পারে।

কপার নাইট্রেট কপার কার্বনেট বা কপার হাইড্রক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া বিশুদ্ধ কালো কপার অক্সাইড (CuO) প্রস্তুত করা হয়।

$$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$$
$$CuCO_3 = CuO + CO_2$$
$$Cu(OH)_2 = CuO + H_2O$$

বিভিন্নভাবে উৎপন্ন কপার অক্সাইডের নমুনাগুলিকে 1 2 3 নম্বর দেওয়া হইল। একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক পোর্সিলেন নৌকাকে বারংবার উত্তপ্ত ও শোষকাধারে শীতল করিয়া ওজন লওয়া হইল, যতক্ষণ না পর পর দুইটি ওজন এক হয়। তাহার পর উক্ত নৌকায় সামান্য পরিমাণ 1 ন নমুনা লওয়া হইল। পুনরায় নৌকাটি কপার অক্সাইডসহ ওজন করা হইল। দ্বিতীয় ওজন হইতে প্রথম ওজন বাদ দিলে কপার অক্সাইডের ওজন পাওয়া যাইবে। একটি বড় ফাঁদের শক্ত কাচের নল লইয়া তাহার দুই মুখে দুইটি সরু কাচ নল যুক্ত ছিপি লাগাইয়া দেওয়া হইল। তাহার পর নমুনাসহ নৌকাটি একমুখের ছিপি খুলিয়া শক্ত কাচের নলের ভিতর রাখা হইল। নলের মধ্য দিয়া সরু কাচ নলের সাহায্যে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করা হইল এব সঙ্গে সঙ্গে পোর্সিলেন নৌকাটি যেখানে রাখা হইয়াছে নলের সেই স্থানটি খুব উত্তপ্ত করা হইল। এই প্রক্রিয়ায় কপার অক্সাইড বিজারিত (reduced) হইয়া লাল ধাতব কপার উৎপন্ন করে। সমস্ত কপার অক্সাইড বিজারিত হইয়া লাল কপারে পরিণত হইলে দীপ নিভাইয়া দিয়া কিছুক্ষণ হাইড্রোজেন গ্যাস চালাইয়া পোর্সিলেন নৌকাটি ঠাণ্ডা করা হয় এব পরে গ্যাস বন্ধ করা হয়। নৌকাটিকে বাহির করিয়া আনিয়া শোষকাধারে রাখিয়া সম্পূর্ণ শীতল করা হয় এব পরে তাহাকে ওজন করা হয়। এইভাবে 2 ন এব 3 ন নমুনা লইয়া পরীক্ষা করা হয়।

পোর্সিলেনের ছোট নৌকা

চিত্র ন 5

মনে কর 1 ন নমুনাতে নৌকার ওজন $= X$ গ্রাম

নৌকা + CuO র ওজন $= X_1$ গ্রাম

নৌকা + Cu এর ওজন $= X$ গ্রাম

CuO র ওজন $= (X_1 - X)$ গ্রাম

এব Cu এর ওজন $= (X_2 - X)$ গ্রাম।

অক্সিজেন যাহা উক্ত পরিমাণ Cu এর সহিত স যুক্ত আছে তাহার ওজন

$= [(X_1 - X) - (X_2 - X)]$ গ্রাম

$= (X_1 - X_2)$ গ্রাম

এইরূপভাবে 2 ন ও 3 ন নমুনার পরীক্ষাতেও গণনা করা হয়। দেখা যাইবে যে CuO র বিভিন্ন নমুনায় প্রতি 63 5 ভাগ কপারের সহিত 16 ভাগ অক্সিজেন স যুক্ত আছে।

এই সূত্রটির সত্যতা নির্ধারণ করার জন্য বহুপ্রকার পরীক্ষা হইয়াছে। স্টাস্ (Stas) নানা পদ্ধতিতে সিলভার ক্লোরাইড (AgCl) প্রস্তুত করিয়া পরীক্ষা দ্বারা দেখাইয়াছেন যে সকল ক্ষেত্রেই সিলভার ক্লোরাইডে সিলভার ও ক্লোরিণের ওজনের অনুপাত একই হয়।

গুণানুপাত সূত্র (Law of Multiple Proportions) **যখন একটি মৌলিক পদার্থ অপর একটি মৌলিক পদার্থের সহিত রাসায়নিক-ভাবে সংযুক্ত হইয়া দুই বা ততোধিক যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে তখন একটি মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট ওজনের সহিত অপর মৌলিক পদার্থটির যে সকল বিভিন্ন ওজন সংযুক্ত হয়, সেই বিভিন্ন ওজনগুলির মধ্যে একটি সরল অনুপাত সর্বদাই পরিদৃষ্ট হয় অর্থাৎ অনুপাত ছোট পূর্ণসংখ্যা দ্বারা প্রকাশ করা যায়, যথা 1 2 2 3 3 4 5 7 প্রভৃতি কখনও ভগ্নাংশ হইবে না যেমন, 1 2 3 7।**

দৃষ্টান্ত (1) কার্বনের সহিত অক্সিজেনের সংযোগে দুইটি যৌগিক পদার্থ পাওয়া যায় যথা কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই অক্সাইড। এই দুইটি যৌগিক পদার্থে কার্বন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত নিম্নরূপ —

যৌগিক পদার্থ	ওজনের অনুপাত	
	কার্বন	অক্সিজেন
(ক) কার্বন মনোক্সাইড	12	16
(খ) কার্বন ডাই অক্সাইড	12	32

অতএব নির্দিষ্ট পরিমাণ কার্বনের (12 ভাগ) সহিত যে বিভিন্ন পরিমাণের অক্সিজেন যুক্ত হইতে পারে তাহার অনুপাত 16 32 বা 1 2। ইহা একটি সরল অনুপাত।

(2) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এই দুইটি মৌলিক পদার্থের সংযোগে দুইটি পদার্থ পাওয়া যায় যথা জল ও হাইড্রোজেন পার অক্সাইড। এই দুইটি যৌগিক পদার্থে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত নিম্নরূপ –

যৌগিক পদার্থ	ওজনের অনুপাত	
	হাইড্রোজেন	অক্সিজেন
(ক) জল	2	16
(খ) হাইড্রোজেন পার অক্সাইড	2	2

অতএব নির্দিষ্ট ওজনেব হাইড্রোজেনের (2 ভাগ) সহিত যে বিভিন্ন ওজনের অক্সিজেন যুক্ত হয় তাহাব অনুপাত 16 32 বা 1 2। ইহা একটি সরল অনুপাত।

(3) নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন বাসায়নিকভাবে স যুক্ত হইযা নিম্নলিখিত পাঁচটি নাইট্রোজেন অক্সাইড যৌগ উৎপন্ন করে। তাহাদের ভিতর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনেব ওজনেব অনুপাত তাহাদেব নামের সহিত দেখান হইল।

যৌগিক পদার্থ

(ক) নাইট্রাস অক্সাইড
(খ) নাইট্রিক অক্সাইড
(গ) নাইট্রোজেন ট্রাই অক্সাইড
(ঘ) নাইট্রোজেন পাব অক্সাইড
(ঙ) নাইট্রোজেন পেন্ট অক্সাইড

অতএব নির্দিষ্ট ওজনের না ট্রোজেনেব (14 ভাগ) সহিত যে বিভিন্ন ওজনের অক্সিজেন স যুক্ত হয় তাহাব অনুপাত 8 16 24 32 40 বা 1 2 3 4 5। ইহা একটি সবল অনুপাত।

নিম্নলিখিত উপাযে পবীক্ষাগাবে এই সূত্রটিব সত্যতা প্রমাণ কবা যাইতে পারে

কপাবেব দুইটি কঠিন অক্সাইড পা ওযা যায—একটি কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) যাহাব ব কালো এব অপবটি কিউপ্রাস্ অক্সাইড (Cu O) যাহার র লাল। দুইটি পোর্সিলেন নির্মিত পবিষ্কাব শুষ্ক নৌকা লইয়া পৃথকভাবে তাহাদের উত্তপ্ত এব শোষকাধাবে শীতল কবিযা ওজন কবা হয। যতক্ষণ না তাহাদের ওজন স্থিবাঙ্কে আসে ততক্ষণ পর্যন্ত উত্তপ্তকরণ ও শীতলীকবণ পদ্ধতিব পুনবাবৃত্তি কবা হয়। তাহাব পব একটি নৌকায় কালো বিউপ্রিক অক্সাইড এব অপবটিতে লাল কিউপ্রাস অক্সাইড লইযা তাহাদের পুনরায পৃথক পৃ ক ভাবে ওজন কবা হয়। পরে নৌকাদুইটিকে পৃথকভাবে একটি বড ফাদেব শক্ত কাচ নলের ভিতর বাখা হয়। শক্ত কাচ নলেব মধ্য দিযা শুষ্ক বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করা হয় এব সেই সময় বুনসেন দীপদ্বাবা পোর্সিলেনেব নৌকাদুইটিকে খুব উত্তপ্ত কবা হয়। হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বাবা অক্সাইড দুইটি বিজারিত হয এব নৌকায় ধাতব কপাব প ড়য়া থাকে। বিজাবণ ক্রিযা সম্পূর্ণভাবে সম্পন্ন কবা হয়। তাহার পর দীপ

নির্বাপিত করিয়া নৌকাদুইটি বাহিরে আনিয়া শোষকাধারে রাখিয়া শীতল করা হয়। শীতল নৌকাদুইটি পৃথকভাবে ওজন করা হয়। পরে নিম্নলিখিতভাবে গণনা করা হইয়া থাকে।

কিউপ্রিক অক্সাইড পোর্সিলেন নৌকার ওজন $= W$ গ্রাম

পোর্সিলেন নৌকা $+ CuO$ র ওজন $= W_1$ গ্রাম

পোর্সিলেন নৌকা $+ Cu$ এর ওজন $= W_2$ গ্রাম

CuO র ওজন $=(W_1 - W)$ গ্রাম এবং Cu এর ওজন $=(W_2 - W)$ গ্রাম।

অক্সিজেনের ওজন যাহা $(W_2 - W)$ গ্রাম Cu এর সহিত যুক্ত ছিল—

$=[(W_1 - W) - (W_2 - W)]$ গ্রাম $=(W_1 - W_2)$ গ্রাম

1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত কপার $= \frac{W_2 - W}{W_1 - W_2}$ গ্রাম

কিউপ্রাস অক্সাইড পোর্সিলেনের নৌকার ওজন $= X$ গ্রাম

পোর্সিলেনের নৌকা $+ Cu_2O$ র ওজন $= Y$ গ্রাম

পোর্সিলেনের নৌকা $+ Cu$ এর ওজন $= Z$ গ্রাম

Cu_2O র ওজন $=(Y - X)$ গ্রাম এবং Cu এর ওজন $=(Z - X)$ গ্রাম

অক্সিজেনের ওজন যাহা $(Z - X)$ গ্রাম Cu এর সহিত যুক্ত ছিল $=$ $[(Y - X) - (Z - X)]$ গ্রাম

$=(Y - Z)$ গ্রাম

1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত কপার $= \frac{Z - X}{Y - Z}$ গ্রাম।

সুষ্ঠুভাবে পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে কিউপ্রিক ও কিউপ্রাস অক্সাইডে 1 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যে যে পরিমাণ কপার যুক্ত থাকে তাহার অনুপাত

$$\frac{W_2 - W}{W_1 - W_2} : \frac{Z - X}{Y - Z} = 1 : 2 \text{ হয়।}$$

***মিথোনুপাত সূত্র (Law of Reciprocal Proportions) যখন একটি বিশিষ্ট মৌলিক পদার্থ অপর দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের সহিত পৃথকভাবে সংযুক্ত হইয়া বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের**

---

*ইহা পাঠ্যসূচী বহির্ভূত কিন্তু সমস্ত সূত্রগুলি এখানে সামঞ্জস্য রক্ষার জন্য উল্লিখিত হইল।

সৃষ্টি করে তখন বিশিষ্ট মৌলের কোন নির্দিষ্ট ওজনের সহিত অন্য দুই বা ততোধিক মৌল পৃথক পৃথক ওজনে সংযুক্ত হয়। এখন অন্য মৌলগুলি যদি পরস্পর যুক্ত হইতে চায় তবে তাহারা একে অন্যের সহিত যে ওজনে মিলিত হইবে তাহা বিশিষ্ট মৌলের নির্দিষ্ট ওজনের সহিত সংযুক্ত উক্ত মৌলদুইটির পৃথক পৃথক ওজনের সমান হইবে অথবা ঐ ওজনগুলির সরল গুণিতক হইবে।

ধরা যাউক কোন একটি বিশিষ্ট মৌলের (X) a গ্রাম যথাক্রমে অন্য একটি মৌলের (Y) b গ্রামের সহিত এবং অপর একটি মৌলের (Z) c গ্রামের সহিত পৃথকভাবে মিলিত হয়। এখন Y এবং Z যদি রাসায়নিক ক্রিয়াদ্বারা একটি যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে তবে তাহাতে Y ও Z এর ওজনের অনুপাত হইবে $b : c$ অথবা এই রাশিগুলির কোন সরল গুণিতক যথা $b : 2c$ অথবা $2b : c$ অথবা $2b : 3c$ ইত্যাদি।

দৃষ্টান্ত (1) কার্বনের সহিত অক্সিজেন ও সলফার পৃথকভাবে যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই অক্সাইড ও কার্বন ডাই সলফাইড উৎপন্ন করে। উক্ত যৌগ পদার্থ দুইটিতে মৌলিক উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত নিম্নরূপ —

কার্বন ডাই অক্সাইডে কার্বন : অক্সিজেন = 12 : 32

কার্বন ডাই সলফাইডে কার্বন : সলফার = 12 : 64

যখন সলফার ও অক্সিজেন রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হইবে তখন তাহাদের ওজনের অনুপাত হইবে 64 : 32 অথবা 2 : 1 অথবা ইহাদের কোন সরল গুণিতক। আমরা জানি যে সলফার ও অক্সিজেনের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে সলফার ডাই অক্সাইড নামক যৌগ পদার্থ উৎপন্ন হয় এবং তাহাতে সলফার ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 32 : 32 বা 2 : 2 বা 2 : 2 × 1।

(2) 31 ভাগ ফসফোরাস 3 × 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া ফসফিন নামক গ্যাস উৎপন্ন করে।

আবার 31 ভাগ ফসফোরাস 3 × 35.45 ভাগ ক্লোরিণের সহিত সংযুক্ত হইয়া ফসফোরাস ট্রাই ক্লোরাইড নামক যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে

এক্ষণে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের ভিতর যদি রাসায়নিক ক্রিয়া হয় এবং তাহার ফলে যে যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হইবে তাহাতে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের ওজনের

অনুপাত হইবে 3 × 1 3 × 35 45 বা 1 35 45 অথবা ঐ রাশিগুলির কোন গুণিতক।

আমরা জানি যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের ক্রিযার ফলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নামে যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয এবং তাহাতে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের ওজনের অনুপাত 1 35 45।

আবার আমরা জানি যে

8 গ্রাম অক্সিজেন 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত
বা 20 গ্রাম ক্যালসিযামের সহিত
বা 35 45 গ্রাম ক্লোরিণের সহিত
বা 12 গ্রাম ম্যাগনেসিযামের সহিত
বা 19 গ্রাম ফ্লুয়োরিণের সহিত

রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হয। তাহা হইতে জানা যায যে যদি ডানদিকের মৌলগুলি তাহাদের নিজেদের ভিতর সংযুক্ত হইতে পারে তাহা হইলে তাহারা ডানদিকে উক্ত ওজনের অনুপাতে অথবা উক্ত ওজনের সরল অনুপাতে সংযুক্ত হইবে।

যথা 1 গ্রাম হাইড্রোজেন 20 গ্রাম ক্যালসিযামের সহিত
বা 35 45 গ্রাম ক্লোরিণের সহিত
বা 19 গ্রাম ফ্লুয়োরিণের সহিত

সংযুক্ত হইবে। কিন্তু আমরা জানি যে কোন মৌলের যে ওজন 1 গ্রাম হাইড্রোজেন বা 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইতে পারে সেই ওজনকে উক্ত মৌলের **তুল্যাঙ্ক** বলে। ইহা হইতে আমরা **তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্র** পাইয়া থাকি।

তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্র (Law of Equivalent Proportions) মৌলিক পদার্থগুলি পরস্পর তাহাদের তুল্যাঙ্কের অনুপাতে বা উক্ত তুল্যাঙ্কের সরল গুণিতকের অনুপাতে সংযুক্ত হইযা থাকে।

মিথোনুপাত সূত্র তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্রের একটি বিশেষ অংশ মাত্র।

গ্যাসায়তন সূত্র (Law of Gaseous Volumes) দুই বা ততোধিক গ্যাসীয পদার্থের রাসাযনিক বিক্রিযার সময তাহাদের আযতনগুলি সরল অনুপাতে থাকে এবং বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন যৌগ যদি গ্যাসীয পদার্থই হয় তাহার আয়তনও ক্রিযারত গ্যাসগুলির আয়তনের সহিত

সরল অনুপাতে থাকে যদি গ্যাসীয় পদার্থসকলের আয়তন একই উষ্ণতায় ও চাপে মাপা হয়।

দৃষ্টান্ত (ক) এক ঘনায়তন হাইড্রোজেন ও এক ঘনায়তন ক্লোরিণ রাসায়নিক ভাবে সংযুক্ত হইয়া দুই ঘনায়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নামক গ্যাসীয় যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে। অতএব আয়তন হিসাবে হাইড্রোজেন ক্লোরিণ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড = 1 1 2। ইহা সরল অনুপাত।

(খ) এক ঘনায়তন নাইট্রোজেন ও তিন ঘনায়তন হাইড্রোজেন রাসায়নিক ভাবে ক্রিয়া করিয়া দুই ঘনায়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে। আয়তন হিসাবে নাইট্রোজেন হাইড্রোজেন অ্যামোনিয়া = 1 3 2। ইহা সরল অনুপাত। উৎপন্ন অ্যামোনিয়া গ্যাসের আয়তন ক্রিয়াশীল নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের আয়তনের সঙ্গে সরল অনুপাতে আছে।

(গ) দুই ঘনায়তন কার্বন মনোক্সাইড এক ঘনায়তন অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়াদ্বারা দুই ঘনায়তন কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন করে। অতএব আয়তন হিসাবে কার্বন মনোক্সাইড অক্সিজেন কার্বন ডাই অক্সাইড = 2 1 2। ইহা সরল অনুপাত।

ডাল্টনের পরমাণুবাদ (Dalton s Atomic Theory) ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বহুসংখ্যক কণিকাদ্বারা যে প্রত্যেকটি পদার্থ গঠিত হয় এই মত বহুকাল হইতেই দার্শনিকগণের ভিতর প্রচলিত ছিল। এই সম্পর্কে হিন্দু দার্শনিক কণাদের নামই সর্বপ্রথমে উল্লেখযোগ্য। তাহার পর গ্রীক দার্শনিকগণ এই মতবাদ বহুদিন যাবৎ পোষণ ও প্রচার করিয়া গিয়াছেন। কিন্তু সর্বপ্রথম সুনির্দিষ্টভাবে পদার্থের গঠন সম্পর্কে বৈজ্ঞানিক পরমাণুবাদ ইংরাজ বিজ্ঞানবিদ্ জন ডাল্টন্ বিজ্ঞানজগৎকে দান করেন। ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে—

(ক) মৌলিক পদার্থগুলি বহুসংখ্যক অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণাদ্বারা গঠিত। এই ক্ষুদ্র কণাগুলি অবিভাজ্য এবং ইহাদের পরমাণু বলা চলে।

(খ) পরমাণুগুলি রাসায়নিক প্রক্রিয়া দ্বারা বিভক্ত হয় না বা সৃষ্ট হয় না বা ধ্বংস প্রাপ্ত হয় না।

(গ) একই মৌলের সমস্ত পরমাণু একই ওজনের হয় এবং তাহাদের ধর্মও সর্বতোভাবে এক হয়।

(ঘ) বিভিন্ন মৌলের পরমাণু বিভিন্ন ওজনের ও বিভিন্ন ধর্মের হয়।

(ঙ) দুই বা ততোধিক বিভিন্ন মৌলের যৌগ মৌলগুলির পরমাণুসমূহের সুনির্দিষ্ট পাশাপাশি অবস্থান দ্বারা উৎপন্ন।

(চ) দুই বা ততোধিক মৌলের সংযোগের সময় তাহাদের ওজনের আংকিক-অনুপাত তাহাদের পরমাণুর ওজনের অনুপাত মাত্র।

বহুপ্রকারের পরীক্ষা এবং পর্যবেক্ষণ এই পরমাণুবাদের স্বীকার্যগুলির (postulates) সত্যতা প্রমাণিত করিয়াছে।

বস্তুত, ডাল্‌টনের এই পরমাণুবাদের উপরই বর্তমান রসায়নশাস্ত্রের ভিত্তি স্থাপিত হইয়াছে এবং ইহার সাহায্যেই সকল প্রকার রাসায়নিক সংযোগসূত্রগুলির ব্যাখ্যা সম্ভব হইয়াছে।

এই পরমাণুগুলি অতি সূক্ষ্ম এবং উহাদের আয়তন ও ওজনের একটা মোটামুটি ধারণা করার চেষ্টা করা যাইতে পারে। একটি হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজন 16×10^{-6} গ্রাম এবং তাহার ব্যাস $12 \times 10^{-}$[illegible] সেন্টিমিটার। কিন্তু এই সংখ্যাগুলি এত ক্ষুদ্র যে কল্পনাতে আনা যায় না।

Questions

1 State the laws of chemical combination and explain them with one example in each case

১। রাসায়নিক সংযোগসূত্রগুলি উল্লেখ করিয়া ব্যাখ্যা কর এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রে একটি করিয়া উদাহরণ দাও।

2 State the law of constant proportions Describe an experiment for verification of this law

Silver chloride can be prepared in various ways By analysing silver chloride prepared in different ways the following results are obtained —

(a) 80 24 grams of silver yield 106 6 grams of silver chloride

(b) 108 549 grams of silver yield 144 2070 grams of silver chloride

(c) 69 4674 grams of silver yield 92 8745 grams of silver chloride

Show that these results prove the law of definite proportions

২। স্থিরানুপাত সূত্রটি লিখ। এই সূত্র প্রমাণ করিবার জন্য একটি পরীক্ষার বর্ণনা কর।

সিলভার ক্লোরাইড নানাভাবে প্রস্তুত করা যায়। বিভিন্ন উপায়ে প্রস্তুত সিলভার ক্লোরাইড পরীক্ষা করিয়া নিম্নলিখিত ফলগুলি পাওয়া গেল —

(ক) ৮০ ২৪ গ্রাম সিলভার হইতে ১০৬ ৬ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

(খ) ১০৮ ৫৪৯ গ্রাম সিলভার হইতে ১৪৪ ২০৭০ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

(গ) ৬৯ ৪৬৭৪ গ্রাম সিলভার হইতে ৯২ ৮৭৪৫ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

—এই ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্রটি প্রমাণ করে— দেখাও।

3 State the law of multiple proportion Explain the truth of this law takin the cases of compounds of carbon and hydrogen oxide

A metal has two oxides When 1 gram of each oxide is heated in hydrogen gas the weights of metals produced are found to be 0 798 and 0 888 grams respectively

Show that the results of the experiment support the law of multiple proportions

৩। গুণানুপাত সূত্রটি লিখ। কার্বন ও হাইড্রোজেনের বিভিন্ন যৌগ লইয়া সূত্রটির সত্যতা ব্যাখ্যা করিয়া দেখাও।

কোন ধাতুর দুই প্রকার অক্সাইড পাওয়া যায়। প্রত্যেকটির ১ গ্রাম করিয়া লইয়া হাইড্রোজেন গ্যাসের ভিতর রাখিয়া উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে ০ ৭৯৮ গ্রাম এবং ০ ৮৮৮ গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। দেখাও যে এই পরীক্ষালব্ধ ফলগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন কর।

4 Two elements A and B combine chemically to form three componnds The element B is present in these compounds to the extent of 25/ 14 28 ' and 7 69 respectively Show that these experimental results support the law of multiple proportions

৪। দুইটি মৌল ক এবং খ রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া তিনটি যৌগপদার্থ উৎপন্ন করে। এই তিনটি যৌগপদার্থে যথাক্রমে খ মৌলিক ২৫/ ১৪ ২৮/ এবং ৭ ৬৯ থাকে। দেখাও যে এই পরীক্ষালব্ধ ফলগুলি গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

5 Two chlorides are known for a metal In one of these chlorides chlorine is present to the extent of 65 6 in the other chlorine is found to be 55 9 These results prove the truth of a distinct law of chemical combination State the law

৫। একটি ধাতুর দুই প্রকার ক্লোরাইড জানা আছে। তাহার একটিতে ক্লোরিণের পরিমাণ হইল শতকরা ৬৫ ৬ ভাগ অন্যটিতে ক্লোরিণের পরিমাণ হইল শতকরা ৫৫ ৯ ভাগ। এই পরীক্ষালব্ধ ফলগুলি একটি বিশিষ্ট রাসায়নিক সূত্র সপ্রমাণ করে। সূত্রটি লিখ।

6 State what you know about Dalton s Atomic Theory

৬। ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

7 State Dalton Atomic Theory and indicate its utility Explain what you understand by atomic weight of an element
(Higher Secondary West Bengal 1961)

৭। ডাল্‌টনের পরমাণবাদ উল্লেখ কর এবং উহার ব্যবহার উল্লেখ কর। কোনো মৌলের পারমাণবিক ওজন বলিলে কি বুঝ ব্যাখ্যা কর।

8 State the Law of Definite proportion Given that (a) 0 12 gm of a metal gives 0 20 gm of oxide when heated in air (b) its carbonate and nitrate contain 28 5 and 16 2 of the metal respectively —apply the law to calculate what weight of the oxide will be obtained by heating 1 00 gm each of the carbonate and the nitrate (Higher Secondary West Bengal 1963)

৮। স্থিরানুপাত সূত্র উল্লেখ কর।

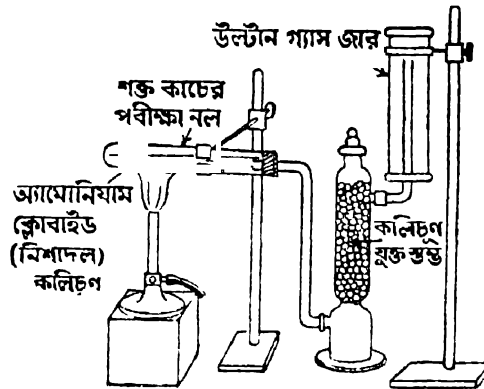
দেওয়া আছে যে (ক) ০ ১২ গ্রাম কোনও ধাতু বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ০ ২০ গ্রাম উক্ত ধাতুর অক্সাইড উৎপন্ন হয় (খ) ধাতুর কার্বনেটে ও নাইট্রেটে ২৮ ৫, এবং ১৬ ২ ধাতু বর্তমান—স্থিরানুপাত সূত্র প্রয়োগ করিয়া ১ গ্রাম কার্বনেট এবং ১ গ্রাম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিয়া কি পরিমাণ ধাতুর অক্সাইড পাওয়া যাইবে তাহা হিসাব করিয়া বাহির কর।

পঞ্চদশ অধ্যায়

অ্যামোনিয়া (Ammonia)

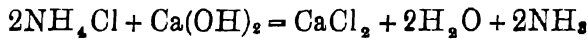
আণবিক স কেত—NH_3। আণবিক ওজন—17। বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক—8 5।

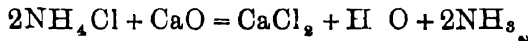
নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব পদার্থের পচনের ফলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। উদ্ভিদ ও জীবজন্তুর দেহের ধ্ব সে ও পচনে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইয়া বায়ুতে মিশিয়া যায় অথবা জমিতে অ্যামোনিয়া ঘটিত লবণ হইয়া থাকিয়া যায়। বায়ুমণ্ডলে, আগ্নেয়গিরির নিকটে ও স্বাভাবিক জলে ইহা মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। উষ্ণ মণ্ডলের (Tropics) জমিতে অ্যামোনিয়াম লবণ হিসাবে ইহা পাওয়া যায়। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl নিশাদল) সাধারণত উষ্ণ প্রদেশের মাটি হইতে স গৃহীত হয়।

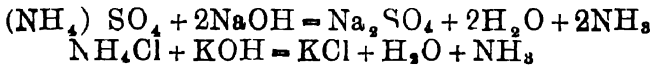
প্রস্তুতি সাধারণত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত কোন তীব্র ক্ষারক মিশাইলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। পরীক্ষাগারে কলিচুন তীব্র ক্ষারক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

চিত্র ন 6

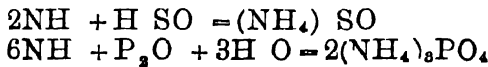
একটি শক্ত কাচের পরীক্ষানলে শুষ্ক গুড়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত তাহার দ্বিগুণ পরিমাণ শুষ্ক কলিচুনের মিশ্রণ লওয়া হয়। তাহার পর শক্ত কাচের নলটি একটি দণ্ডের সহিত বন্ধনী দিয়া একটু আনতভাবে আটকান হয়। পরীক্ষানলে মিশ্রণটি এরূপভাবে রাখা হয় যেন গ্যাস বাহির হইবার পথ থাকে।

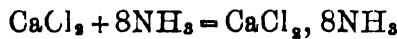
পরীক্ষানলটিকে পবে একটি নির্গম নলযুক্ত ছিপি দিয়া বন্ধ করিয়া বুনসেন দীপ দিয়া সাবধানে উত্তপ্ত কবা হয়। আর্দ্র অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গম নল দিয়া বাহিব হয়। গ্যাসটি শুষ্ক করিবাব জন্য নির্গম নলেব অপব প্রান্ত একটি পাথুরে চুনপূর্ণ স্তম্ভের নিম্নে যুক্ত করিয়া দেওয়া হয় এব গ্যাসটি চুনের ভিতব দিয়া যাইয়া স্তম্ভের উপর বাহির হয়। স্তম্ভেব সহিত যুক্ত একটি উধ্বমুখী নির্গম নলেব উপর উবুড কবিয়া একটি গ্যাস জাব রাখিলে সেই গ্যাস জাবে শুষ্ক অ্যামোনিয়া বায়ুব নিম্নভ্র শ (down ward displacement) দ্বাবা জমা হয় কাবণ অ্যামোনিয়া গ্যাস বায়ু অপেক্ষা হাল্কা।

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2H_2O + 2NH_3$$

কলিচুনের পরিবর্তে পাথুরে চুন (CaO) ব্যবহার কবিলে উদ্ভূত অ্যামোনিয়ায় জলীয় বাষ্পেব পবিমাণ কম হয়।

$$2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + H_2O + 2NH_3$$

যে কোন অ্যামোনিয়ার লবণ যে কোন তীব্র ক্ষাবক দিয়া সামান্য উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। যথা

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O + 2NH_3$$
$$NH_4Cl + KOH = KCl + H_2O + NH_3$$

অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ক করিতে ঘন সলফিউবিক অ্যাসিড বা ফস্ফোরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) ব্যবহাব করা যায় না কারণ অ্যামোনিয়া মৃদু ক্ষারক হিসাবে উহাদেব সহিত যথাক্রমে অ্যামোনিয়াম সলফেট [$(NH_4)_2SO_4$] এব অ্যামোনিয়াম ফস্ফেট [$(NH_4)_3PO_4$] লবণ গঠন কবে।

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$
$$6NH_3 + P_2O_5 + 3H_2O = 2(NH_4)_3PO_4$$

অ্যামোনিয়া গ্যাস গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (fused $CaCl_2$) দ্বাবাও শুষ্ক করা যায় না কারণ $CaCl_2$ দ্বারা উহা শোষিত হয় এব $CaCl_2$ $8NH_3$ এই যৌগপদার্থ উৎপন্ন হয়।

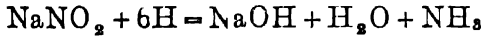
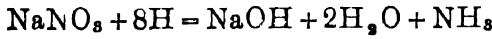
$$CaCl_2 + 8NH_3 = CaCl_2, 8NH_3$$

সেই কারণে অ্যামোনিয়া গ্যাসকে পাথুরে চুন (CaO) দ্বারা শুষ্ক করা হয়।

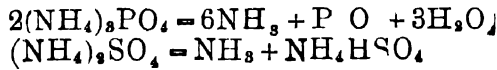
অ্যামোনিয়া গ্যাস জলে অতিশয় দ্রাব্য। সেইজন্য বায়ুর নিম্নভ্র শ দ্বারা উক্ত গ্যাস স গ্রহ করা হয়। গ্যাস জার অ্যামোনিয়া ভর্তি হইল কিনা জানিবার জন্য একটি কাচের দণ্ডে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লইয়া গ্যাস জারের মুখে ধরা হয়।

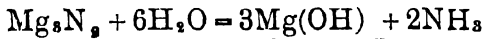
ঘন ধোঁয়া দেখা দিলেই বুঝিতে হইবে যে গ্যাস জার অ্যামোনিয়া দ্বারা ভর্তি হইয়াছে পারদের অপসারণ দ্বারাও শুষ্ক গ্যাস সংগ্রহ করা যায়।

অন্য নানা উপায়ে অ্যামোনিয়া পাওয়া যাইতে পারে।

(ক) জায়মান (nascent) হাইড্রোজেন দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3), নাইট্রেট বা নাইট্রাইট বিজারিত করিলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

$$NaNO_3 + 8H = NaOH + 2H_2O + NH_3$$
$$NaNO_2 + 6H = NaOH + H_2O + NH_3$$

(খ) কতকগুলি অ্যামোনিয়ার লবণকে শুধু উত্তপ্ত করিলেই অ্যামোনিয়া গ্যাস উদ্ভূত হয়।

$$2(NH_4)_3PO_4 = 6NH_3 + P_2O_5 + 3H_2O$$
$$(NH_4)_2SO_4 = NH_3 + NH_4HSO_4$$

(গ) জল দিয়া ফুটাইলে বা উত্তপ্ত জলীয় বাষ্পের সহিত ক্রিয়ার ফলে কতকগুলি ধাতব নাইট্রাইড আর্দ্র বিশ্লেষিত (hydrolysis) হইয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস দিয়া থাকে।

$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3$$
$$2AlN + 3H_2O = Al_2O_3 + 2NH_3$$

(ঘ) সাধারণ উষ্ণতায় অ্যামোনিয়ার নিরবচ্ছিন্ন প্রবাহ পাইবার জন্য অ্যামোনিয়ার ঘন দ্রবণ যাহা বাজারে Liquor Ammonia হিসাবে পাওয়া যায় তাহা বিন্দুপাতন ফানেলে (dropping funnel) লইয়া ফানেলটি একটি কর্কের ছিপির মুখে লাগান হয়। উক্ত ছিপিতে একটি গ্যাস নির্গমন নলও লাগান হয়। তাহার পর ছিপিটি একটি কনিক্যাল (শাঙ্কব) ফ্লাস্কের মুখে লাগান হয়। কনিক্যাল ফ্লাস্কের ভিতর কিছুটা কঠিন কস্টিক সোডা রাখা হয়। [নবম শ্রেণীর জন্য লিখিত **রসায়নের গোড়ার কথার** (চতুর্থ সংস্করণ) ৭১ পৃষ্ঠার ১৩নং চিত্রের অনুরূপ যন্ত্র সাজান হয়।]

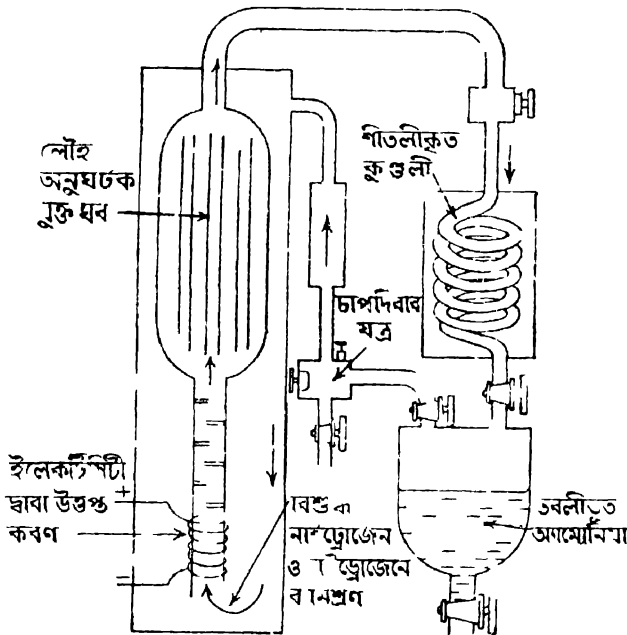
বিন্দুপাতন ফানেল হইতে Liquor Ammonia কঠিন কস্টিক সোডার উপর ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেলিলে অ্যামোনিয়া গ্যাসের প্রবাহ নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া আসিবে।

অ্যামোনিয়ার পণ্য উৎপাদন নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন উচ্চ চাপে ও নির্দিষ্ট উষ্ণতায় যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

ইহাকে অ্যামোনিযার সংশ্লেষণ (Synthesis) বলে। উপরের সমীকবণ হইতে আমরা দেখিতে পাই যে 1 আয়তন নাইট্রোজেন 3 আযতন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। উপবন্তু উক্ত প্রক্রিয়াটি উভমুখী (reversible)। আব অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইবার সময তাপ উদ্ভূত হয়।

এই সমস্ত বিষয় পযালোচনা কবিয়া হেবার (Haber) দেখান যে নির্দিষ্ট পরিমাণ নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন হইতে অধিক পরিমাণ অ্যামোনিয়া উৎপাদন করিতে হইলে (1) উচ্চ চাপ (2) মধ্যম বকমেব উষ্ণতা (Optimum temperature) এব (3) অনুঘটক প্রয়োজন হয়। উপরন্তু উভমুখী ক্রিয়াকে একমুখী করার জন্য উৎপন্ন অ্যামোনিয়া যতদূর সম্ভব সত্বব ক্রিয়ার স্থল হইতে সবাইয়া লইতে হয়। অ্যামোনিয়াব পণ্য উৎপাদন অধুনা হেবাব পদ্ধতিতে হইযা থাকে।

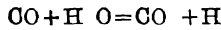
চিত্র নং 7

হেবার-পদ্ধতি বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন 1 3 আয়তনিক অনুপাতে মিশ্রিত কবিযা চাপ দিবার যন্ত্র (পাম্প) দিয়া 200 গুণ বাযুমণ্ডলের

চাপে স কুচিত কবিয়া ক্রোমিয়ামযুক্ত স্টীল দ্বারা নির্মিত প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করান হয়। এই প্রকোষ্ঠের অভ্যন্তরে অনুঘটক (catalyst) সূক্ষ্ম বিশুদ্ধ লোহাব গুড়া ও অনুঘটক সহায়ক (promoter) মলিবডেনাম (molybdenum) নলের ভিতব ছোট ছোট তাকেব উপব পর্যাপ্ত পরিমাণে রাখা হয এব বিদ্যুৎসাহায্যে উহাকে 550 সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত বাখা হয। অনুঘটকপূর্ণ নলগুলিকে ঘিবিয়া কঞ্চুকের মত উহাব চাবিদিকে একটি বহি প্রকোষ্ঠ আছে। এই বহি প্রকোষ্ঠ দিয়া উচ্চ তাপে স কুচিত গ্যাস মিশ্রণ প্রবাহিত হইযা অবশেষে অনুঘটকেব নলেব ভিতব প্রবেশ কবে এব অনুঘটকেব স স্পর্শে আসে ইহাব ফলে মিশ্রণেব শতকবা প্রায 10 ভাগ গ্যাস অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয। অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইবাব সময যথেষ্ট তাপেব উদ্ভব হয এব অনুঘটকযুক্ত নলেব বাহিব দিযা শীতল গ্যাস মিশ্রণটিকে চালনা কবাব ফলে বিক্রিযায় উদ্ভূত তাপেব কিছুটা শীতল গ্যাস মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিতে ব্যযিত হয এব বাকী তাপেব সাহায্যে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন উত্তপ্ত হইয়া বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন কবে।

উৎপন্ন অ্যামোনিয়া ও অবিকৃত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন অধিক চাপে শীতকে (Cooling Chamber) স্থিত শীতলীকৃত কুণ্ডলীব ভিতব প্রবেশ কবাইয়া শীতল কবা হয। শীতকে কঠিন কাবন ডাই অক্সাইড ও ইথাব মিশ্রিত কবিযা হিম মিশ্র তৈযাবি কবিযা বাখা হয। শীতকে অ্যামোনিয়া তবল হইয়া নিম্নস্থ নল দিয়া বাহিব হইযা একটি পাত্রেব ভিতব সঞ্চিত হয। পাম্পদ্বাবা অপবিবর্তিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনকে পুনবায উচ্চ চাপে বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে পাঠান হয়। উহাব সহিত কিছুটা নূতন নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন 1 : 3 আয়তনিক অনুপাতে মিশাইযা দেওযা হয। এইভাবে অ্যামোনিয়ার প্রায় উৎপাদন নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনেব স শ্লেষণ দ্বারা সম্ভব হইয়াছে। জলে দ্রাবিত কবিয়াও উৎপন্ন অ্যামোনিয়া অপসাবিত কবা যায। তখন অপবিবর্তিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনকে শুষ্ক কবিযা বিক্রিযা প্রকোষ্ঠে পাঠানো হয়।

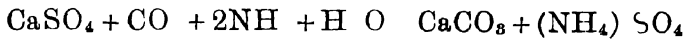
দ্রষ্টব্য ভাবতে সিন্দরীতে এই উপাযে অ্যামোনিযা উৎপাদনেব প্রথম কারখানা স্থাপিত হইযাছে। এইখানে জল গ্যাস ($CO+H_2$) হইতে কার্বন মনোক্সাইড অপসাবণ দ্বাবা হাইড্রোজেন এবং প্রোডিউসাব গ্যাস ($CO+N_2$) হইতে কাবন মনোক্সাইড অপসারণ দ্বারা নাইট্রোজেন প্রস্তুত কবা হয। কার্বন মনোক্সাইড অপসাবণ কবাব জন্য উভয ক্ষেত্রেই উপযুক্ত পবিমাণ স্টীম মিশাইযা মিশ্রণটিকে একটি Fe_2O_3 এব Cr_2O_3 পূর্ণ 550 সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়া অতিক্রম

করান হয। ইহাব ফলে কার্বন মনোক্সাইড কার্বন ডাই অক্সাইডে পরিণত হয। এখানে Fe O অনুঘটক এবং Cr O অনুঘটক সহাযকেব কায করে।

$$CO+H\ O=CO\ +H$$

কার্বন ডাই অক্সাইডকে 25 গুণ বাযুমণ্ডলেব চাপে জলে দ্রবীভূত কবিযা অপসারিত করা হয। সামান্য পরিমাণ কার্বন মনোক্সাইড যাহা অপবিবর্তিত থাকে তাহা কিউপ্রাস ফরমেটেব অ্যামোনিযা ঘটিত দ্রবণে শোষণ করিযা অপসারণ করা হয।

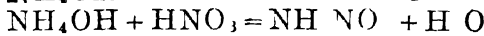
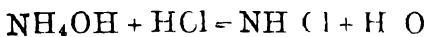
সি দবীতে ত লীকৃত বাযুব আ শিক পাতন দ্বাবা না ট্রোজেন এব হাইড্রো কার্বনেব উচ্চ উষ্ণতায বিযোজন হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদনেব ব্যবস্থাও করা হইযাছে।

উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে গুড়া ক্যালসিয়াম সলফেট ও কার্বন ডাই অক্সাইডেব সহিত জলেব উপস্থিতিতে শোষিত কবিয়া অ্যামোনিযাম সলফেটে পরিবর্তিত করা হয়।

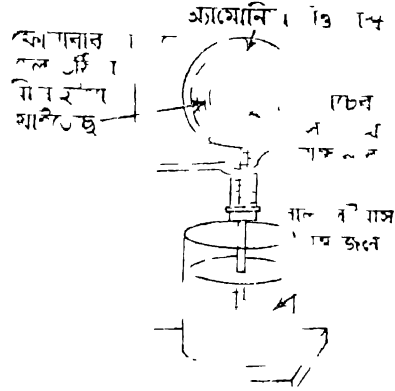
$$CaSO_4+CO\ +2NH\ +H\ O\quad CaCO_3+(NH_4)\ SO_4$$

উক্ত অ্যা মানিয়াম সলফেট বাজারে সার হিসাবে বিক্রয় হয।

অ্যামোনিযাব ধম (1) অ্যামোনিযা বর্ণহীন তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস। (2) ইহা বাযু অপেক্ষা অনেক হালকা (বাষ্পীয় ঘনত্ব 8 5)। (3) ইহা সহজেই তরলীভূত হয়। 10 সেন্টিগ্রেডে 6 বাযুমণ্ডলের চাপে তবল অ্যামোনিযা পাওয়া যায। (4) অ্যামোনিযা জলে অতিশয় দ্রবণীয। 1 আয়তন জলে 0 সেন্টিগ্রেডে প্রায় 1300 আযতন গ্যাস দ্রবীভূত হয। অ্যামোনিয়ার গাঢ় দ্রবণকে 'লাইকাব অ্যামোনিযা (Liquor Ammonia) বলে। লাইকার অ্যামোনিযাতে 3 6/ অ্যামোনিযা থাকে। অ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হইবাব সময় জলেব সহিত রাসায়নিক বিক্রিযাব ফলে অ্যামোনিযা হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে ($NH_3+H\ O=NH\ OH$)। ইহা একটি ক্ষার। অ্যামোনিযাম হাইড্রক্সাইড লাল লিটমাসকে নীল রঙে পবিবর্তিত করে এবং বিভিন্ন অ্যাসিডেব সহিত সহজেই ক্রিয়া কবিয়া অ্যামোনিয়াম লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

$$NH_4OH+HCl=NH\ Cl+H\ O$$
$$NH_4OH+HNO_3=NH\ NO\ +H\ O$$
$$2NH\ OH+H\ SO\ =(NH\ )\ SO\ +2H\ O$$

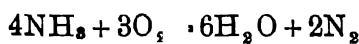
নিম্নলিখিত পরীক্ষাদ্বয় দ্বাবা উপরে লিখিত ধর্মগুলির সত্যতা প্রমাণিত হয় —

পরীক্ষা (1) একটি শুষ্ক ফ্লাস্কে অ্যামোনিযা গ্যাস ভর্তি করা হয়। ফ্লাস্কেব মুখ একটি ছিপি দিয়া বন্ধ করা হয়। ঐ ছিপিব মধ্য দিয়া একটি সরু মুখবিশিষ্ট কাচের নল লাগান হয়। এই কাচ নলে সরু রবারের নল দিয়া অন্য একটি কাচ নল

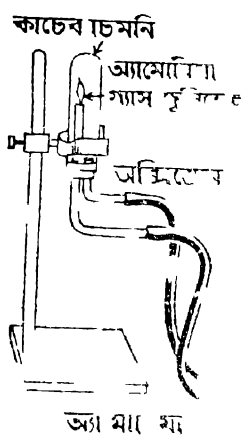
যুক্ত করা হয়। সরু রবারের নলে একটি পিন্‌চ কক্‌ (pinch-cock) লাগান থাকে। তাহাতে অ্যামোনিয়া গ্যাস বাহিরে আসিতে বাধা পায়। ফ্লাস্কটিকে উল্টাইয়া একটি আ টার ভিতর দিয়া প্রবেশ করাইয়া তাহার মুখটিকে আটকাইয়া দেওয়া হয়। কাচের নলের শেষপ্রান্ত পরে একটি বীকারে রক্ষিত লাল লিটমাসের দ্রব্যের ভিতর ডুবাইয়া দেওয়া হয়। পরে পিন্‌চ কক্‌টি খুলিয়া দেওয়া হয় এবং ফ্লাস্কের উপর একটু ইথার (ether একটি সহজে বাষ্পীভূত তরল) ঢালিয়া ফ্লাস্কটিকে ঠাণ্ডা করা হয়। তাহার ফলে ভিতরের অ্যামোনিয়া গ্যাস সংকুচিত হয় এবং ফ্লাস্কের ভিতর আংশিক শূন্যতা উৎপন্ন হয়। তখন কয়েক ফোঁটা লাল জল নল দিয়া উপরে উঠিয়া আসে এবং অ্যামোনিয়া গ্যাস

চিত্র নং ৪

দ্রুত উক্ত কয়েক ফোঁটা জলে দ্রবীভূত হয়। ফলে ফ্লাস্কের অভ্যন্তরের চাপ একেবারে কমিয়া যায় এবং জল ফোয়ারার আকারে ফ্লাস্কের ভিতর ছড়াইয়া পড়ে। সঙ্গে সঙ্গে লাল জল নীল বর্ণে পরিবর্তিত হয়। এই পরীক্ষায় অ্যামোনিয়ার জলে অত্যধিক দ্রাব্যতা এবং উহার ক্ষারকত্ব উভয়ই প্রমাণিত হয়। এই পরীক্ষাকে **ফোয়ারা পরীক্ষা** (Fountain Experiment) বলে।

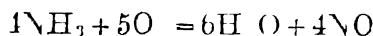
পরীক্ষা একটি অ্যামোনিয়াপূর্ণ গ্যাস জারে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সিক্ত একখানি ফিলটার কাগজ ছাড়িয়া দেওয়া হইলে তৎক্ষণাৎ প্রচুর সাদা ধোঁয়ায় গ্যাস জারটি ভর্তি হইয়া যায়। ঐ সাদা ধোঁয়াটি সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের কণার সমষ্টিমাত্র। অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এই দুইটি গ্যাস একত্রিত করিলেই তাহাদের ভিতর রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $NH_3 + HCl = NH_4Cl$

(5) অ্যামোনিয়া অন্য দ্রব্যের দহনে সাহায্য করে না এবং বায়ুতে ইহা দাহ্য নহে। কিন্তু অক্সিজেনের ভিতর ইহা সহজেই হলুদ বর্ণ এর শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে —

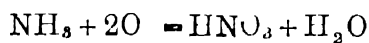
$$4NH_3 + 3O_2 = 6H_2O + 2N_2$$

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা অক্সিজেনে অ্যামোনিয়ার দহন দেখান হইয়া থাকে

পরীক্ষা একটি কাচের চিমনির মুখটি কর্কদ্বারা বন্ধ করিয়া উহার ভিতর দিয়া সমকোণে বাঁকান একটি ছোট এবং একটি দীর্ঘ কাচ নল লাগান হয়। দীর্ঘ নলটি এরূপ যে উহা চিমনির শেষপ্রান্ত পর্যন্ত পৌঁছায় এবং ছোট নলটি ঠিক কর্কের উপরে থাকে। কর্কের উপর কিছু তুলা রাখা হয়। ছোট নল দিয়া অক্সিজেন এবং বড় নল দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস চিমনিতে প্রবেশ করান হয়। সামান্যক্ষণের জন্য চিমনির উপর মুখ হাত দিয়া বন্ধ করিয়া রাখা হয়। পরে বড় নলটির মুখ হইতে নির্গত অ্যামোনিয়া গ্যাসে আগুন ধরাইয়া দিলে উহা হলুদবর্ণের শিখার সহিত জ্বলে।

চিত্র নং 9

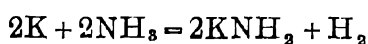
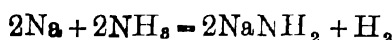
(৬) অ্যামোনিয়া ও বায়ু 1 : 7.5 আয়তনিক অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া 650—700° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত প্লাটিনাম জালির (অনুঘটক) উপর দিয়া দ্রুত প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

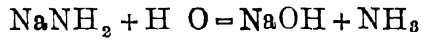
$$4NH_3+5O_2=6H_2O+4NO$$

বায়ুর পরিবর্তে অ্যামোনিয়া ও বিশুদ্ধ অক্সিজেন 1 : 2 আয়তনিক অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া উক্ত মিশ্রণের সহিত কিছু স্টীম মিশাইয়া (অ্যামোনিয়া ও অক্সিজেনের মিশ্রণে স্টীম না মিশাইয়া অগ্নিসংযোগ করিলে বিস্ফোরণ হয়) প্লাটিনাম জালির উপর দিয়া 550—600° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় দ্রুত অতিক্রম করাইলে নাইট্রিক অ্যাসিডের পাতলা দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

$$NH_3+2O_2=HNO_3+H_2O$$

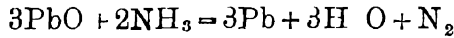
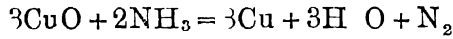
আধুনিক নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পউৎপাদন এই দুই বিক্রিয়ার উপর প্রতিষ্ঠিত।

(7) শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস উত্তপ্ত সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের উপর দিয়া পরিচালনা করিলে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম অ্যামাইড (amide) উৎপন্ন হয়।

$$2Na+2NH_3=2NaNH_2+H_2$$

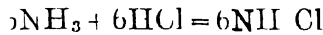
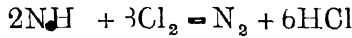
$$2K+2NH_3=2KNH_2+H_2$$

অ্যামাইডের সহিত জলের বিক্রিয়ার ফলে পুনরায় অ্যামোনিয়া পাওয়া যাইতে পারে।

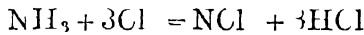
$$NaNH_2 + H_2O = NaOH + NH_3$$

(8) অ্যামোনিয়া ক্ষীণ **বিজারক**। ইহা উত্তপ্ত ধাতব অক্সাইডকে (যথা CuO PbO প্রভৃতি) বিজারিত করে।

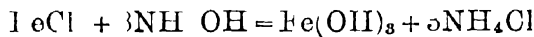
$$3CuO + 2NH_3 = 3Cu + 3H_2O + N_2$$

$$3PbO + 2NH_3 = 3Pb + 3H_2O + N_2$$

(9) অ্যামোনিয়া ক্লোরিনের সহিত দুই ভাবে ক্রিয়া করে। অ্যামোনিয়া অধিক পরিমাণে থাকিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং উক্ত উৎপাদিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সহিত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে।

$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$

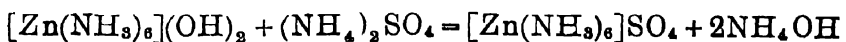
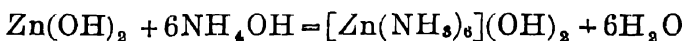
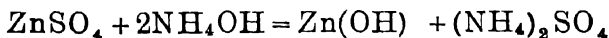
$$6NH_3 + 6HCl = 6NH_4Cl$$

অতিরিক্ত ক্লোরিনের সহিত অ্যামোনিয়ার ক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেন ট্রাই ক্লোরাইড (NCl_3) উৎপন্ন হয়। ইহা হলুদ বর্ণ এবং তৈলাক্ত পদার্থ এবং ভয়াবহ বিস্ফোরক।

$$NH_3 + 3Cl_2 = NCl_3 + 3HCl$$

(10) অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ অর্থাৎ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড বিভিন্ন ধাতব লবণের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়ায় যোগদান করে। তাহার ফলে কতকগুলি ধাতুর হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় যথা ফেরিক ক্লোরাইডের সহিত ফেরিক হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$$

কিন্তু কতকগুলি ধাতুর হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হইয়া আবার অধিক পরিমাণ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রবীভূত হয়। যথা জিঙ্ক সলফেট হইতে প্রথমে জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হইয়া অধিক পরিমাণ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে তাহা দ্রবীভূত হয়।

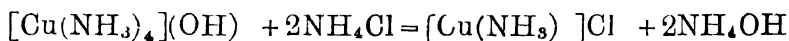
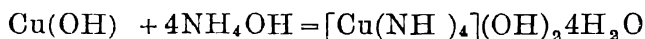
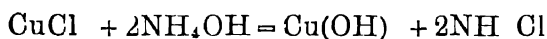
$$ZnSO_4 + 2NH_4OH = Zn(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$

$$Zn(OH)_2 + 6NH_4OH = [Zn(NH_3)_6](OH)_2 + 6H_2O$$

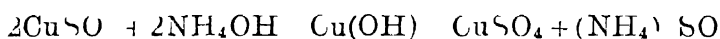
$$[Zn(NH_3)_6](OH)_2 + (NH_4)_2SO_4 = [Zn(NH_3)_6]SO_4 + 2NH_4OH$$

সেইরূপ কপার ক্লোরাইড অধিক পরিমাণ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত ক্রিয়া করিয়া গাঢ় নীলবর্ণের কিউপ্র্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ উৎপন্ন করে।

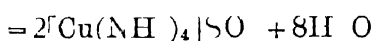
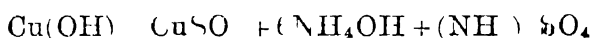
$$CuCl_2 + 2NH_4OH = Cu(OH)_2 + 2NH_4Cl$$

$$Cu(OH)_2 + 4NH_4OH = [Cu(NH_3)_4](OH)_2 4H_2O$$

$$[Cu(NH_3)_4](OH)_2 + 2NH_4Cl = [Cu(NH_3)_4]Cl_2 + 2NH_4OH$$

কিউপ্র্যামোনিয়াম ক্লোরাইড

দ্রষ্টব্য কপার সালফেট ও অ্যামোনিয়ার দ্রবণের বিক্রিয়ায় প্রথমে ক্ষারীয় কপার সলফেট উৎপন্ন হয়

$$2CuSO_4 + 2NH_4OH = Cu(OH)_2 \cdot CuSO_4 + (NH_4)_2SO_4$$

পরে এই ক্ষারীয় কপার সলফেট অধিক অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রবীভূত হইয়া কিউপ্র্যামোনিয়াম সলফেট দ্রবণ উৎপন্ন করে।

$$Cu(OH)_2 \cdot CuSO_4 + 8NH_4OH + (NH_4)_2SO_4$$
$$= 2[Cu(NH_3)_4]SO_4 + 8H_2O$$

অ্যামোনিয়ার অভীক্ষণ (ক) তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধদ্বারা অ্যামোনিয়ার উপস্থিতি বুঝা যায়। (খ) ইহা লাল লিটমাসের দ্রবণকে নীল বর্ণে পরিবর্তিত করে। (গ) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গাঢ় দ্রবণে কাচদণ্ড ডুবাইয়া গ্যাসের ভিতর ধরিলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়। (ঘ) জলে অদ্রাব্য লাল মারকিউরিক আয়োডাইড (HgI_2) পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে দ্রাব্য এবং উক্ত দ্রবণে পটাসিয়াম মারকিউরিক আয়োডাইড (K_2HgI_4) থাকে। উক্ত দ্রবণে অতিরিক্ত কস্টিক পটাসের (KOH) দ্রবণ যোগ করিলে মিশ্রিত দ্রবণকে নেস্‌লারের (Nessler's) দ্রবণ বলে। উক্ত দ্রবণ সাদা কিন্তু ইহাতে অ্যামোনিয়ার দ্রবণ যোগ করিলে বাদামী অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। অতি সামান্য পরিমাণ (10^7 ভাগ জলে 1 ভাগ) অ্যামোনিয়া থাকিলেও দ্রবণের বর্ণ বাদামী হয়। অতএব অতি সামান্য পরিমাণ অ্যামোনিয়ার উপস্থিতিও নেস্‌লারের দ্রবণ দ্বারা ধরা যায়। (ঙ) মারকিউরাস নাইট্রেটের $[Hg_2(NO_3)_2]$ দ্রবণে ফিল্টার কাগজ ডুবাইয়া অ্যামোনিয়া গ্যাসে ধরিলে তাহা কালো হইয়া যায়।

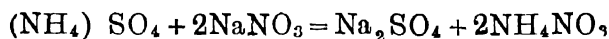
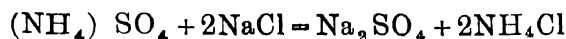
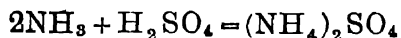
অ্যামোনিয়ার ব্যবহার (1) অ্যামোনিয়ার দ্রবণ ক্ষারক রসায়নাগারে রাসায়নিক পরীক্ষায় বিকারকরূপে ব্যবহৃত হয়। (2) ইহা ঔষধরূপেও ব্যবহৃত হয়। (3) সল্‌ভে প্রণালী দ্বারা সোডিয়াম কার্বনেটের

(Na_2CO_3) পণ্য উৎপাদনে আমোনিয়াম্ লবণ প্রস্তুতে এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়। (4) তরল অ্যামোনিয়া বরফ প্রস্তুতে জল ঠাণ্ডা করার জন্য ব্যবহৃত হয় এবং প্রেক্ষাগৃহের ও রেলগাড়ীর ভিতরের বায়ু ঠাণ্ডা করার জন্য ব্যবহৃত হয় (Air conditioning)। কতকগুলি অ্যামোনিয়াম লবণ যথা অ্যামোনিয়াম সলফেট [$(NH_4)_2SO_4$)] অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3) অ্যামোনিয়াম ফসফেট [$(NH_4)_3PO_4$] প্রভৃতি জমিতে সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

হিমায়ক (Refrigerator) শীতলতা উৎপাদনের জন্য কতকগুলি তরলীকৃত গ্যাস রে দ্রুত বাষ্পীভবনের আশ্রয় লওয়া হয় এবং এই প্রক্রিয়া সুষ্ঠুভাবে নিষ্পন্ন করবার জন্য কতকগুলি যন্ত্র নির্মিত হইয়াছে। তরল অ্যামোনিয়া তরল কার্বন ডাই অক্সাইড তরল সলফার ডাই অক্সাইড প্রভৃতির দ্রুত বাষ্পীভবন ও পুনরায় তরলীভবন সম্পন্ন করবার জন্য হিমায়ক প্রস্তুত করা হইয়াছে। হিমায়কে ইলেকট্রিক পাম্পের সাহায্যে বাষ্পীভূত তরলে চাপ প্রয়োগ করিয়া পুনরায় তরল অবস্থায় আনয়ন করা হয় এবং সেই তরলকে পুনরায় দ্রুত বাষ্পীভূত হইতে দেওয়া হয়।

পচনশীল দ্রব্য যথা মাংস, ফল প্রভৃতি হিমায়কে রাখিলে ভালভাবে কিছুদিন সংরক্ষণ করা যায়। এইভাবে দ্রব্যাদির রক্ষণকে হিমাধারে সংরক্ষণ (cold storage) বলে। এই একই উপায়ে গ্রীষ্মপ্রধান দেশে ঘরগুলিকে শীতল রাখার (air conditioning) ব্যবস্থা করা হয় এবং ঘরের ভিতর ছাদের নিকট অবস্থিত নলের ভিতর দিয়া তরল অ্যামোনিয়া বা তরল সলফার ডাই অক্সাইড চালনা করিয়া তাহাদের বাষ্পীভবন দ্বারা শৈত্য উৎপাদন করা হয়।

অ্যামোনিয়াম লবণ (Ammonium Salt) পূর্বেই বলা হইয়াছে যে অ্যামোনিয়া ক্ষারকজাতীয় পদার্থ সুতরাং ইহা বিভিন্ন অ্যাসিডের সহিত যুক্ত হইয়া লবণ উৎপাদন করে। এই লবণগুলিকে **অ্যামোনিয়াম লবণ** বলে। অ্যামোনিয়া অতি ক্ষীণ (weak) ক্ষারক হইলেও ইহার লবণগুলি সুস্থিত (stable) যৌগ এবং সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের লবণের সহিত সমাকৃতি (isomorphous)। অ্যামোনিয়া দ্বারা বিভিন্ন অ্যাসিড প্রশমিত (neutralising) করিয়া কিংবা অ্যামোনিয়াম সলফেট হইতে অন্যান্য অ্যামোনিয়াম লবণ প্রস্তুত করা হয়।

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$
$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$
$$(NH_4)\ SO_4 + 2NaCl = Na_2SO_4 + 2NH_4Cl$$
$$(NH_4)\ SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 2NH_4NO_3$$

এই সমস্ত লবণে NH_4 যৌগমূলকটি (radical) থাকে এব ইহাকে অ্যামোনিয়াম মূলক বলে। অ্যামোনিয়াম লবণগুলি জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় এব জ লব দ্রবণ বিদ্যুৎ পরিবাহী। ই াঁরা ঈষৎ উদ্বায়ী ও উত্তাপ দিলে অতি সহজে উৎক্ষিপ্ত (sublimes) হয়। কান কোন অ্যামোনিয়াম লবণে তাপ দিলে বিয়োজিত হইয়া অ্যামোনিয়া ও অ্যাসিড উৎপাদন করে। যেমন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে তাপ প্রয়োগ করিলে অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$$

তাপ সরা যা লইলে অর্থাৎ শীতল করিলে অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড যুক্ত ইয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড পু রুৎপাদন করে। সে ন্য = এর পরিবর্তে স ীকরণে ⇄ ব্যবহার করা যাছে। ই াকে াপ ি োজন (Thermal dissociation) বলা হয়।

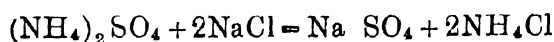
অ্যামোনিয়াম সলফেট $(NH\ )\ SO$ (i) ক লার অন্তর্ধূমপাতে দ্বারা উৎপন্ন বা বার প্রণালীতে প্রাপ্ত অ্যামোনিয়াকে সাজাস্থুি **সলফিউরিক** অ্যাসিডে চ ল ক র া ক্রমশ অ্যামোনিয়াম সলফেট কেলাসিত হয়। (ii) বিচূর্ণ ক্যালসিয়াম সল ে ইহাের স িশা া ঁক মিশ্রণের ভিতর দিয়া কার্ব া ইঅক্সা ও অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহি ত করিলে অ্যামোনিয়াম সল ফ ে দ্রব া ৎপন্ন হয় ও ক্যালসিয়াম কার্বনে অ ক্ষিপ্ত হয়।

$2NH_3 + CO\ \ + H\ \ O + CaSO_4 = (NH_4)\ \ SO_4 + CaCO_3$ অ্যামোনিয়াম সলফেট সার ি সাবে বহু ন ব্রমাণে ব্যবহৃত হয়।

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড NH_4Cl অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা ইহা পাওয়া যাইতে পারে।

$$NH\ \ + HCl = NH_4Cl$$

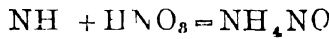
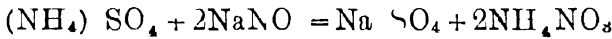
অ্যামোনিয়াম সলফেট ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের ঘন দ্রব একত্র করিয়া ফুটাইয়া বিপরিবর্ত ক্রিয়া স ঘটন দ্বারা উ া প্রস্তুত করা যায়।

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaCl = Na\ \ SO_4 + 2NH_4Cl$$

জলে সোডিযাম সলফেটের দ্রাব্যতা কম। সেইজন্য ঠাণ্ডা করিলে Na_2SO_4 $10H_2O$ সহজেই কেলাসিত হয় এবং তাহাকে পৃথক করা যায়। পরে অবশিষ্ট দ্রবণকে কেলাসিত করিলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের স্ফটিক পাওয়া যায়।

রাসায়নিক পরীক্ষাগারে বিশ্লেষণমূলক পরীক্ষায় বিকারক হিসাবে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়। কোন কোন তড়িৎ উৎপাদক কোষে এবং ব্যাটারীতে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে। রঞ্জনশিল্পেও প্রচুর অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রয়োজন হয়। ঝালাই দিতে এবং দস্তালিপিতে (Zinc plating) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড লাগে।

অ্যামোনিযাম নাইট্রেট NH_4NO_3 অ্যামোনিয়াম সলফেট এবং সোডিযাম নাইট্রেটের ঘন দ্রবণ একত্র মিশাইয়া ফুটাইলে অথবা অ্যামোনিযা ও নাইট্রিক অ্যাসিডের পাতলা দ্রবণ মিশাইলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট পাওয়া যায়। প্রথম উপায় অবলম্বন করিলে দ্রবণটিকে প্রথমে ঠাণ্ডা করিতে হয়। তাহাতে Na_2SO_4 $10H_2O$ কেলাসিত হয় এবং সেই কঠিন কেলাস হইতে দ্রবণকে পৃথক করিযা পুনরায় কেলাসিত করিলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের কেলাস পাওয়া যায়।

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 2NH_4NO_3$$

$$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$$

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট অ্যামোনাল (ammonal) অ্যামাটল (amatol) প্রভৃতি বিস্ফোরক প্রস্তুত করিতে এবং জমিতে সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। আমাদের দেশে সলফারের কোন সন্ধান এ পর্যন্ত পাওয়া যায় নাই। সেইজন্য অ্যামোনিয়াম সলফেটের বদলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট সার হিসাবে ব্যবহার করা আমাদের দেশে সুবিধাজনক। সম্প্রতি রাজস্থানে জিপসাম (Gypsum $CaSO_4$ $2H_2O$) আকরিক হিসাবে আবিষ্কৃত হওয়ার ফলে সিন্দরীতে অ্যামোনিয়াম সলফেট প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে।

অ্যামোনিযাম কার্বনেট, $(NH_4)_2CO_3$ অ্যামোনিযামের সহিত কার্বনিক অ্যাসিডের কার্বনেট যৌগমূলক সংযোগে উৎপন্ন লবণ। ইহা ঘ্রাণ লইবার লবণে (Smelling salt) ঔষধে রুটি সেঁকিবার গুঁড়ায় (baking powder) ও রঞ্জনশিল্পে ব্যবহৃত হয়। রাসায়নিক পরীক্ষাগারে বিশ্লেষণমূলক পরীক্ষায় বিকারক হিসাবে ইহার ব্যবহার হইযা থাকে।

জমিতে সার হিসাবে অ্যামোনিযাম লবণ যোগ করিলে জমিতে যে ক্ষার আছে

তাহার সহিত বিক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। তাহার পর নাইট্রোসিফাই ব্যাক্টিরিয়া (Nitrosifying bacteria) উক্ত অ্যামোনিয়াকে নাইট্রাস অ্যাসিডে এবং নাইট্রিফাই ব্যাক্টিরিয়া (Nitrifying bacteria) পরে নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত করে। উক্ত অ্যাসিডদ্বয় জমিস্থিত ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া দ্বারা নাইট্রাইট ও নাইট্রেট উৎপন্ন করে। এই নাইট্রাইট ও নাইট্রেট গাছ ও শস্যেরা আহার্যরূপে শিকড় দ্বারা গ্রহণ করে। এ বিষয় পুনরায় **নাইট্রোজেন-চক্রে** (Nitrogen Cycle) আলোচিত হইয়াছে।

Questions

1. How is ammonia prepared in the laboratory? Describe the procedure followed in order to get ammonia in a dry state.

Describe experiments to illustrate the following properties of ammonia —

(i) Solubility in water (ii) combustibility (iii) lightness and (iv) alkalinity.

State the conditions in which it can be oxidised to nitric oxide or nitric acid.

(C. U. Higher Secondary, West Bengal 19[illegible])

১। পরীক্ষাগারে কিরূপে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয়? অ্যামোনিয়াকে শুষ্ক অবস্থায় পাইতে হইলে যে রীতি উপায় অবলম্বন করা হয় তাহা বর্ণনা কর।

পরীক্ষামূলকভাবে অ্যামোনিয়ার নিম্নলিখিত ধর্মগুলির প্রমাণ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ —

(ক) জলে দ্রাব্যতা। (খ) দহনীয়তা। (গ) লঘুত্ব এবং (ঘ) ক্ষারকত্ব।

যে অবস্থায় ইহা নাইট্রিক অক্সাইডে বা নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হয় তাহা উল্লেখ কর।

2. Ammonia cannot be dried with concentrated sulphuric acid nor with phosphorus pentoxide nor with fused calcium chloride. State the reason with equations.

What reactions do take place between ammonia and water or hydrochloric acid or chlorine? Express the reactions by equations.

২। অ্যামোনিয়া শুষ্ক করিবার জন্য ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বা ফস্ফোরাস পেন্টক্সাইড বা গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহার করা যায় না। সমীকরণ সহকারে ইহার কারণ উল্লেখ কর। জল, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং ক্লোরিণের সহিত অ্যামোনিয়ার কি কি বিক্রিয়া ঘটে? সমীকরণ দ্বারা বিক্রিয়াগুলি প্রকাশ কর।

3. Describe Haber's process for the manufacture of ammonia.

৩। অ্যামোনিয়ার পণ্য উৎপাদনের হেবার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

4 What procedure is to be followed for getting ammonia from a mixture of ammonia and oxygen ?

Describe with equations what happens when ammonia gas is passed over heated cupric oxide and heated metallic sodium

৪। অ্যামোনিয়া ও অক্সিজেনের মিশ্রণ হইতে বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া পাইতে হইলে কি উপায় অবলম্বন করা হয় ?

উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইড এবং উত্তপ্ত ধাতব সোডিয়ামের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া পরিচালিত করিলে কি প্রকার বিক্রিয়া হয় তাহা সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর।

5 How can nitrogen be converted into ammonia and ammonia into nitrogen State the changes which occur by adding ammonia to the following substances

Copper sulphate solution mercurous nitrate solution a suspension of silver chloride in water and a solution of mercuric iodide in potassium iodide solution Express the reactions by equations

৫ অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রোজেন এবং নাইট্রোজেন হইতে অ্যামোনিয়া পাইতে হইলে কি উপায় অবলম্বন করা হয়। কপার সালফেটের দ্রবণ মারকিউরাস নাইট্রেটের দ্রবণ সিলভার ক্লোরাইডের সহিত জলের মিশ্রণ এবং পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে মারকিউরিক আয়োডাইডের দ্রবণ—এইগুলিতে অ্যামোনিয়ার দ্রবণ যোগ করিলে কি কি পরিবর্তন দেখা যায় তাহা লিখ। সমীকরণ দ্বারা বিক্রিয়াগুলি প্রকাশ কর।

6 How are ammonium salts prepared ? What are the uses of ammonium salts ? Name three important ammonium salts with their formulae and state their methods of preparation with equations

৬। অ্যামোনিয়ার লবণ কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? অ্যামোনিয়ার লবণগুলি কোন্ কোন্ প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয় তিনটি বিশেষ প্রয়োজনীয় অ্যামোনিয়াম লবণের সংকেত এবং উৎপত্তির বিষয় সমীকরণ সহকারে লিখ।

7 How is ammonia prepared in the laboratory ? How is the gas dried and collected ? Sketch the apparatus used State its principal properties and uses

(Higher Secondary West Bengal 1960)

৭। পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া গ্যাস কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? গ্যাসটিকে কিভাবে শুষ্ক করিয়া সংগ্রহ করা হয় পরীক্ষা ব্যাপারে ব্যবহৃত যন্ত্রটির ছবি আঁক। ইহার প্রধান প্রধান ধর্মগুলি ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

8 What are the conditions in which ammonia may be manufactured from its elements ? (Reasons for these conditions are not required)

Describe experiments to illustrate that ammonia (a) is highly soluble in water and the solution is alkaline to litmus (b) may be burnt in excess of oxygen (Higher Secondary West Bengal 1963)

৮। অ্যামোনিযায বর্তমান মৌলগুলি হইতে কোন অবস্থায অ্যামোনিযাব পণ্য উৎপাদন সম্ভব হয (অবস্থাগুলিব কাবণ দর্শাইতে হইবে না।)

অ্যামোনিয়া (ক) জলে অত্যধিক দ্রাব্য এবং জলেব দ্রবণ ক্ষারীয (খ) অক্সিজেনের আধিক্যে পোড়ান যায় এই দুইটি বিষয় পরীক্ষামূলকভাবে দেখাও

ষোড়শ অধ্যায়

নাইট্রিক অ্যাসিড (Nitric Acid)

আণবিক সংকেত—HNO_3 আণবিক ওজন—63

ঘনাঙ্ক (14 সেন্টিগ্রেড) 1.52 স্ফুটনাঙ্ক 78.2 সেন্টিগ্রেড।

নাইট্রেট নাইট্রিক অ্যাসিডের লবণ সোডিয়াম এবং পটাসিয়াম নাইট্রেট খনিজ হিসাবে এবং কোন কোন প্রদেশে জমিতে পাওয়া যায়। সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) দক্ষিণ আমেরিকার চিলি দেশের বৃষ্টিহীন অঞ্চলে খনিজ হিসাবে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। বর্ষা শেষ হইবার পর ভারতবর্ষের নানাস্থানে সোরা (nitre KNO_3) যুক্ত মাটি দেখা যায়। আস্তাবলের নিকটবর্তী জমিতে নাইট্রোজেনযুক্ত জৈব পদার্থের বিয়োজনের ফলে ইহা উৎপন্ন হয়।

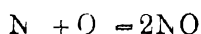
আকাশে বিদ্যুৎক্ষরণের ফলে বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$N_2 + O_2 = 2NO$$

উক্ত নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুমণ্ডলের অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন পার অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

উক্ত নাইট্রোজেন পার অক্সাইড বৃষ্টির জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়।

$$2NO_2 + H_2O = HNO_3 + HNO_2$$
$$3HNO_2 = HNO_3 + H_2O + 2NO$$

ঐ নাইট্রিক অ্যাসিড মাটিতে অবস্থিত ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়া দ্বারা নাইট্রেট উৎপন্ন করে এবং উক্ত নাইট্রেট জমিতে জমা হয়।

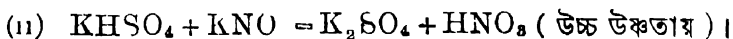
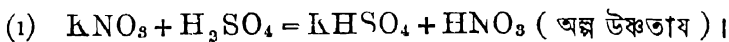
আবার জীবজন্তু ও মানুষের মলমূত্রাদি পচনের ফলে অ্যামোনিয়া উদ্ভূত হয়। উক্ত অ্যামোনিয়া জমিতে অবস্থিত নাইট্রোসিফাই ব্যাকৃটিরিয়া (Nitrosifying bacteria) দ্বারা প্রথমে নাইট্রাস অ্যাসিডে এবং পরে নাইট্রিফাই ব্যাকৃটিরিয়া (Nitrifying bacteria) দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়। উক্ত নাইট্রিক অ্যাসিড জমির ক্ষারকের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রেটে (সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের) পরিবর্তিত হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার বহুদিন হইতেই জানা আছে। অ্যালকেমিস্টগণ (Alchemists) ইহাকে অ্যাকোয়া ফর্টিস্ (Aqua Fortis) বলিতেন। ইহার তাৎপর্য হইল শক্তিশালী জল এবং ইহা একটি শক্তিশালী দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হইত। লাভয়সিয়ার অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগে ইহাতে অক্সিজেনের অবস্থিতি প্রমাণ করেন এবং গে লুসাক 1816 খ্রীষ্টাব্দে ইহার সংযুতি নির্ণয় করেন।

অবস্থান বায়ুমণ্ডলে মুক্তভাবে (free) নাইট্রিক অ্যাসিড অল্প পরিমাণে পাওয়া যায়। ইহার কারণ পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে। যুক্তভাবে ইহা পটাসিয়াম নাইট্রেট বা নাইটার (nitre) রূপে এবং চিলি সল্ট পিটার (Chille salt petre) বা সোডিয়াম নাইট্রেটরূপে পাওয়া যায়। জমিতে ইহাদের উৎপত্তির বিষয় পূর্বেই বলা হইয়াছে।

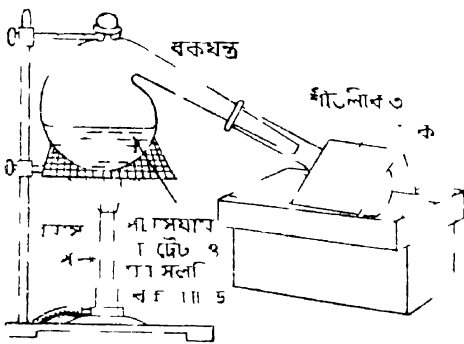
প্রস্তুতি সাধারণত নাইট্রিক অ্যাসিডের লবণ যেমন সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রেট হইতে সলফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়া দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ইহার কারণ নাইট্রিক অ্যাসিড খুব উদ্বায়ী। কম পরিমাণে উদ্বায়ী সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত নাইট্রেটকে পাতিত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পাকারে বাহির হইয়া আসে এবং উহাকে তরল নাইট্রিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয় এবং গ্রাহকে জমে। এই বিক্রিয়াটি দুইটি ধাপে সম্পন্ন হয় যথা—

(i) $KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$ (অল্প উষ্ণতায়)।

(ii) $KHSO_4 + KNO_3 = K_2SO_4 + HNO_3$ (উচ্চ উষ্ণতায়)।

নিম্নলিখিত তিনটি কারণে অল্প উষ্ণতায় ক্রিয়াদ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত

করা হয় —(1) উষ্ণতা বৃদ্ধি কবিলে উচ্চ উষ্ণতায় নাইট্রিক অ্যাসিড বিশিষ্ট হয এব বাষ্পে নাইট্রিক অ্যাসিডেব পবিমাণ কমিয়া যায। উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন পাব অক্সাইড মিশ্রিত হইযা যায় এব উহাব ব লাল হয। বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড বর্ণহীন তবল।

$$4HNO_3 = 4NO + 2H_2O + O$$

(2) উচ্চ উষ্ণতায যে পটাসিযাম বা সোডিয়াম সলফেট উৎপন্ন হয় তা সহজেই কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয এব তাব ইহাদেব সহজে পাত্র হইতে অপসাবিত কবা যায না। অপবপক্ষে কম উষ্ণতায পটাসিযাম বা সোডিয়াম হাইড্রোজেন সলফেট উৎপন্ন হয এব উক্ত উষ্ণতায ইহাবা গলিত তবল হিসাবে থাকে। সেই অবস্থায় ঢালিয়া ফলিলেই ইহাদেব অপসাব ক্রিয়া সুষ্ঠু বে নিষ্পন্ন হয।

চিত্র ন 10—নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

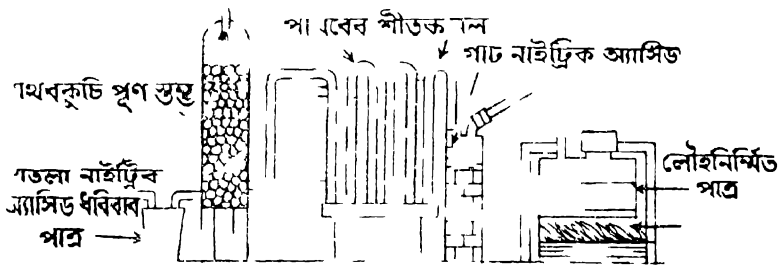
(3) উচ্চ উষ্ণতায উদ্ভূত নাইট্রিক অ্যাসিড পাত্রেব উপাদানেব সহিত ক্রিয়া কবিয়া তাহাব ক্ষতি করে। আবাব কাচ পাত্র উচ্চ উষ্ণতায় সহজেই ভাঙ্গিয যাইতে পাবে

পরীক্ষাগাবে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতেব প্রণালী সমপবিমাণ ওজনের পটাসিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ সলফিউবিক অ্যাসিড একটি কাচের বকযন্ত্রে লওয়া হয। বকযন্ত্রটিব উপব দিকে একটি কাচেব ছিপি লাগান থাকে। উক্ত কাচের ছিপি খুলিযা কঠিন পটাসিয়াম নাইট্রেট ঢালিয়া দিয়া ফানেলেব সাহায্যে গাঢ সলফিউবিক অ্যাসিড যোগ কবা য। বকযন্ত্রটিকে বন্ধনী দিয়া একটি লৌহদণ্ডেব সহিত আটকান হয। বকযন্ত্রটির সরু মুখ একটি কাচের ফ্লাস্কের মধ্যে ঢোকান হয। উক্ত ফ্লাস্কটি গ্রাহকেব কায কবে। ফ্লাস্কটিকে একটি গ্যাসদ্রোণীস্থিত ঠাণ্ডা জলে ভাসাইয়া বাখা হয এব তাহার উপরে ভিজা ব্লটি কাগজ সর্বদা জলদ্বারা ভিজাইয়া রাখা হয়। ইহাতে ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা হয। বকযন্ত্রটিকে ছিপি বন্ধ করিয়া একটি তাবজালির উপর রাখিয়া বুনসেন দীপদ্বারা উত্তপ্ত

করা হয়। প্রায় 200 সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে (i) নং বিক্রিয়া অনুসারে নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প উৎপন্ন হয়। উক্ত নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প শীতলীকৃত ফ্লাস্কে আসিয়া ঈষৎ হরিদ্রাভ তরলরূপে সঞ্চিত হয়।

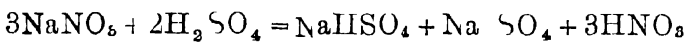
ইহার পর যদি উষ্ণতা 800 সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত বৃদ্ধি করা যায় তবে (ii) নং বিক্রিয়া অনুসারে আরও নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। কিন্তু উক্ত উষ্ণতায় উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডের কতক অংশ বিনষ্ট হয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের পরিমাণ কমিয়া যায় ও অ্যাসিডটি অশুদ্ধ অবস্থায় আসে। কারণ এইভাবে প্রস্তুত নাইট্রিক অ্যাসিডে জল এবং নাইট্রোজেন পার অক্সাইড মিশ্রিত থাকে এবং ইহার রং বাদামী হয়।

বিশুদ্ধীকরণ এইভাবে উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া অপেক্ষাকৃত কম চাপে পাতিত করিলে 98% নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই 98% নাইট্রিক অ্যাসিডকে 69—70 সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিয়া বুদবুদের আকারে বায়ু বা কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস চালনা করিলে নাইট্রোজেন পার অক্সাইড (N_2O) অপসারিত হয় এবং ইহা বর্ণহীন হয়। সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ 100% নাইট্রিক অ্যাসিড পাইতে হইলে উক্ত বর্ণহীন নাইট্রিক অ্যাসিডকে –42 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় শীতল করিলে বর্ণহীন নাইট্রিক অ্যাসিডের কেলাস উৎপন্ন হয় এবং সেইগুলি পৃথক করিয়া সংগ্রহ করিতে হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন (1) পরীক্ষাগার প্রণালীর দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন হইয়া থাকে। কিন্তু তখন দামী পটাসিয়াম নাইট্রেট ব্যবহার না করিয়া সস্তা সোডিয়াম নাইট্রেট (চিলিতে যাহা খনিজ হিসাবে

চিত্র নং 11—নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন

পাওয়া যায়) ব্যবহার করা হয়। সোডিয়াম নাইট্রেট এবং তদুপযুক্ত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড একটি ঢালাই লোহার বড় পাত্রে লওয়া হয়। উক্ত লোহার

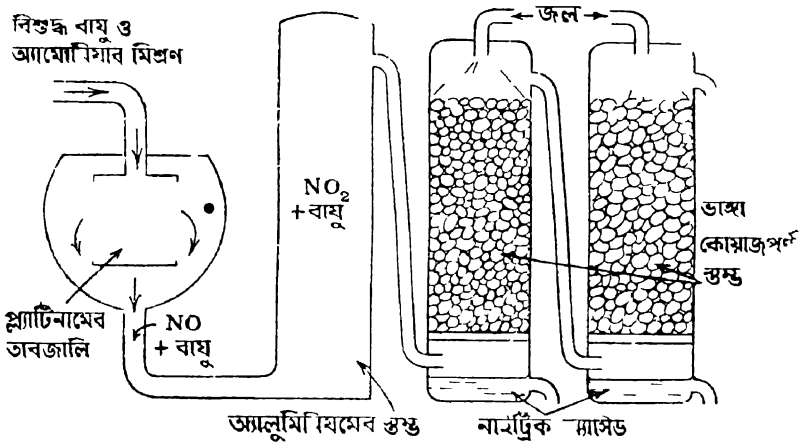
পাত্রটি একটি ইটের গাঁথনির ভিতর অবস্থিত অগ্নিসহ মৃত্তিকা মণ্ডিত (lined with fireclay) চুল্লীতে বসান হয়। চুল্লীতে কয়লা জ্বালাইয়া লোহার পাত্রটিকে 200 —250 সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। লোহার পাত্রটি এমনভাবে বসান থাকে যে চুল্লী হইতে যে উত্তপ্ত গ্যাস বাহির হয় তাহা লৌহ পাত্রের চারিদিকে প্রবাহিত হইয়া উহাকে সমভাবে উত্তপ্ত করে। ইহার ফলে লৌহপাত্রের ভিতর নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প তরল অবস্থায় আসিতে পারে না। নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প উপরের একটি নির্গমন নল দিয়া বাহির হইয়া প্রথমে একটি পাথরের তৈয়ারী বোতলে যায় ও সেখানে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডরূপে সঞ্চিত হয়। পরে কতকগুলি পাথর বা সিলিকা (Silica) নির্মিত শীতল নলে উহা প্রবেশ করে। সেখানেও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই শীতল নলগুলির নিম্নে অবস্থিত একটি পাথরের গ্রাহকে অ্যাসিডটি তরল অবস্থায় সঞ্চিত হয়। অবশিষ্ট নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প যাহা প্রবাহিত হয় তাহা একটি পাথরের নুড়িপূর্ণ স্তম্ভের মধ্যে প্রবেশ করিয়া উপরের দিকে উঠিতে থাকে এবং ঐ স্তম্ভের উপর হইতে ঠাণ্ডা জলস্রোত নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। অবশিষ্ট নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প জলে দ্রবীভূত হইয়া পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং স্তম্ভের নীচে জমে। উত্তাপে নাইট্রিক অ্যাসিডের কিছু অংশ বিয়োজিত হইয়া যে নাইট্রোজেন পার অক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহাও জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে তাহাও স্তম্ভের নীচে জমা হয়। যে রাসায়নিক বিক্রিয়াটি হয় তাহা এইরূপ —

$$3NaNO_3 + 2H_2SO_4 = NaHSO_4 + Na_2SO_4 + 3HNO_3$$

সোডিয়াম সলফেট ও সোডিয়াম বাইসলফেটের মিশ্রণটি তরল অবস্থায় লৌহ পাত্রের নীচে জমা হয়। লৌহপাত্রের নিম্নদিকে সংযুক্ত একটি নল দিয়া উক্ত মিশ্রণটি অপসারিত করা হয় এবং পুনরায় সোডিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড লৌহপাত্রে লওয়া হয়।

ভেলেন্টিনার পদ্ধতিতে (Valentiner Process) যন্ত্রটিকে বায়ুনিরুদ্ধ করা হয় এবং পাম্পের সাহায্যে যন্ত্রটির ভিতরের বায়ু বাহির করিয়া দেওয়া হয়। অল্পচাপে পাতিত করার জন্য নিম্ন উষ্ণতায় (100 —150 সেন্টিগ্রেড) পাতনকার্য নিষ্পন্ন হয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের বিয়োজন অনেক পরিমাণে কমিয়া যায়। বিক্রিয়াটিও অতি দ্রুত নিষ্পন্ন হয়।

বেঙ্গল কেমিক্যাল ও ফার্মাসিউটিক্যাল কোম্পানি মাটির কলসীতে পটাসিয়াম

নাইট্রেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া উদ্ভূত নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্পকে পর পর ঠাণ্ডা কলসার ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া তরল নাইট্রিক অ্যাসিড স গ্রহ করে। বিক্রিয়ার পরে কলসী ভাঙ্গিয়া পটাসিয়াম সলফেট স গ্রহ করিয়া ফটকিরি [Alum K_2SO_4 $Al_2(SO_4)_3$ $24H_2O$] প্রস্তুতে ব্যবহার করা হয়।

(2) বর্তমানে হেবার পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে বায়ুস্থ অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন সাধিত হয়। এই প্রণালীকে

চিত্র ন 12—অস্টওয়াল্ড প্রণালী

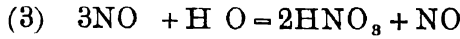
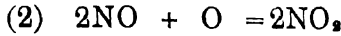
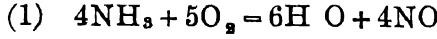
অস্টওয়াল্ড প্রণালী (Ostwald Process) বলে। এই প্রণালীতে প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যামোনিয়াকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করা হয়। প্রণালীটি এইরূপ —

1 আয়তন বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া 7 5 আয়তন কার্বন ডাই অক্সাইড ও ধূলাবালি হইতে মুক্ত বায়ুর সহিত মিশ্রিত করিয়া উক্ত মিশ্রণ অতি দ্রুতভাবে একটি অ্যালুমিনিয়াম বাক্সে (Converter) অবস্থিত ও তড়িৎপ্রবাহ দ্বারা প্রথমে 700 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত প্লাটিনামের তারজালির উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয় (চিত্র ন 12)। পরে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে তাপ উদ্ভূত হয় তাহাই প্লাটিনামের তারজালিটিকে প্রয়োজনীয় উষ্ণতায় উত্তপ্ত রাখে। বায়ুর অক্সিজেন অ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। উক্ত নাইট্রিক অক্সাইড একটি শূন্য স্তম্ভের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া ঠাণ্ডা করিলে উহা বায়ুর

অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন পার অক্সাইড উৎপন্ন করে। তাহার পর সেই নাইট্রোজেন পার অক্সাইডকে পাথরের নুড়িপূর্ণ স্তম্ভের নিম্নে প্রবেশ করান হয় এব স্তম্ভের উপর হইতে জলস্রোত প্রবাহিত করা হয়। স্তম্ভের নীচে পাথরের পাত্রে নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবণ সঞ্চিত হয় এব পরে নল দিয়া বাহির করিয়া আনিয়া অন্য পাত্রে স গ্রহ করা হয়।

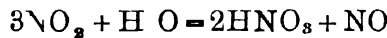
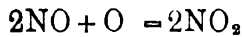
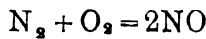
(1) $4NH_3+5O_2=6H\ O+4NO$

(2) $2NO\ +\ O\ =2NO_2$

(3) $3NO\ +H\ O=2HNO_3+NO$

এই প্রণালীতে নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন সম্ভব হওয়ার পূর্বে বায়ুস্থিত অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনকে তড়িৎমোক্ষণ দ্বারা 3000 সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত করা হইত। তাহার পর উক্ত নাইট্রিক অক্সাইডকে 3000 সন্টিগ্রেড হইতে সহসা 1000 সেন্টিগ্রেডে শীতল করিয়া একটি জলীয় বাষ্প-উৎপাদনের বয়লারের নলের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া 150 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করা হইত। তখন উক্ত নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন পার অক্সাইডে পরিবর্তিত হইত। তাহার পর পাথরের নুড়িপূর্ণ স্তম্ভের ভিতর জলের সহিত ক্রিয়া করিতে দিয়া উক্ত নাইট্রোজেন পার অক্সাইডকে নাইট্রিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত করা হইত এব নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবণ স গ্রহ করা হইত।

$$N_2+O_2=2NO$$

$$2NO+O\ =2NO_2$$

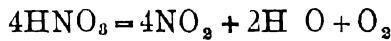
$$3NO_2+H\ O=2HNO_3+NO$$

এই প্রণালীকে **বার্কল্যাণ্ড এব আইড** (Birkeland and Eyde) প্রণালী বলা হয়। এক্ষণে এই প্রণালীতে আর নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন করা হয় না। তাহার কারণ ইহাতে খুব বেশী তড়িৎশক্তি দরকার হয়। অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদনে তত বেশী তড়িৎশক্তির প্রয়োজন হয় না।

সোডিয়াম নাইট্রেট হইতে উৎপন্ন বাজারের নাইট্রিক অ্যাসিডে ক্লোরিণ, আয়োডিক অ্যাসিড (Iodic acid HIO_3) আয়রণের লবণ সোডিয়াম সলফেট সলফিউরিক অ্যাসিড নাইট্রোজেন পার অক্সাইড ও জল প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে। ইহাকে বিশুদ্ধ করিতে হইলে ইহার সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া

কাচের বকযন্ত্র হইতে পাতিত করা হয়। প্রথম $\frac{1}{5}$ অংশে ক্লোরিণ, নাইট্রোজেন পার অক্সাইড প্রভৃতি নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত আসিয়া গ্রাহকে জমে। তাহা ফেলিয়া দেওয়া হয়। দ্বিতীয় $\frac{1}{5}$ অংশ পাতন দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। তৃতীয় $\frac{1}{5}$ অংশ বকযন্ত্রে ছাড়িয়া দেওয়া হয় এবং পরে তাহা ফেলিয়া দেওয়া হয়। মাঝের $\frac{1}{5}$ অংশ সামান্য উত্তপ্ত করিয়া তাহার ভিতর দিয়া বায়ু বা কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হয়। নাইট্রোজেন পার অক্সাইড ইহাতে উড়িয়া যায় এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের লাল রং অপসারিত হয়। এই অ্যাসিডে 99.8% নাইট্রিক অ্যাসিড থাকে। কোন কোন ক্ষেত্রে ওজোনযুক্ত অক্সিজেন গ্যাস চালনা করিয়া নাইট্রোজেন পার অক্সাইড অশুদ্ধিকে জলের উপস্থিতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত করা হয়।

ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড (Fuming Nitric Acid) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে সামান্য শ্বেতসার (Starch) বা আর্সেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3) যোগ করিয়া পাতিত করিলে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ইহাতে অনেকটা নাইট্রোজেন পার অক্সাইড (N_2O_4) এবং নাইট্রোজেন ট্রাই অক্সাইড (N_2O_3) দ্রবীভূত হইয়া থাকে। সেইজন্য ইহার বর্ণ বাদামী।

নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম নাইট্রিক অ্যাসিড একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ। ইহার গন্ধ তীব্র ও শ্বাসরোধী। ইহা জলে সকল অনুপাতে দ্রাব্য। ইহার ঘনত্ব 1.52। 78.2 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা ফুটিয়া থাকে কিন্তু ফুটিবার সময় ইহা নাইট্রোজেন পার অক্সাইড জল ও অক্সিজেনে বিয়োজিত হইয়া যায়।

$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$

বাতাসে উন্মুক্ত অবস্থায় কোন পাত্রে রাখিলে ইহা স্বতঃই ধূমায়িত হইতে থাকে।

ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড প্রমাণ চাপে পাতিত করিলে নাইট্রোজেন পার অক্সাইড গ্যাসীয় অবস্থায় চলিয়া যায় এবং অ্যাসিডে জলের পরিমাণ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। জলের পরিমাণ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়া যখন উহাতে শতকরা 68 ভাগ নাইট্রিক অ্যাসিড আসিয়া দাড়ায় তখন উহা 120.5 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ফুটিতে থাকে এবং অবিকৃত অবস্থায় পাতিত হইতে থাকে। আবার পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড পাতিত করিলে প্রথমে জল বাষ্পাকারে চলিয়া যায় যতক্ষণ না শতকরা 68 ভাগ নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায়। তাহার পর পাতিত করিলে উক্ত 68% নাইট্রিক অ্যাসিড অবিকৃত

অবস্থায় পাওযা যায়। চাপ পরিবর্তিত করিলে পাতিত তরলের স্ফুটনাঙ্কের পরিবর্তন স্ব ঘটিত হয এবং উহাতে অ্যাসিডের পরিমাণেরও হ্রাসবৃদ্ধি ঘটিয়া থাকে। তাহা হইতে জানা যায় উক্ত 120 5 স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট নাইট্রিক অ্যাসিড জল ও নাইট্রিক অ্যাসিডেব যৌগ নহে উহা জল ও নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণ মাত্র যদিও উহাব একটি নির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্ক দেখা যায।

নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তীব্র অম্ল। জলীয় দ্রবণে ইহা প্রায় সম্পূর্ণরূপে হাইড্রোজেন আযন (ion) এবং নাইট্রেট আয়নে ভাঙ্গিযা যায় —

$$HNO_3 \rightleftharpoons H \;\; + NO_3^-$$

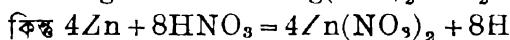
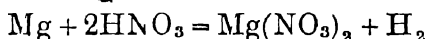
ইহাব আম্লিকগুণ নিম্নলিখিত উপাযে প্রমাণিত হয় —

(1) নীল লিটমাসের দ্রবণে নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ কবিলে উহা লাল হইয়া যায়।

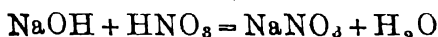
(2) ইহাব হাইড্রোজেন ম্যাগনেসিযাম ও ম্যাঙ্গানিজ এই দুইটি ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাসরূপে বাহিব হইয়া আসে। অন্যান্য অনে ধাতুও হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত কবে বটে কিন্তু সে হাইড্রোজেন জায়মান অবস্থায় উদ্ভূত হব বলিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত কবে।

$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$$

কিন্তু $4Zn + 8HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 8H$

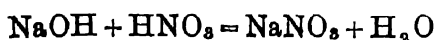
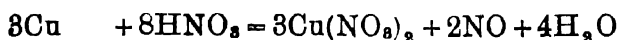
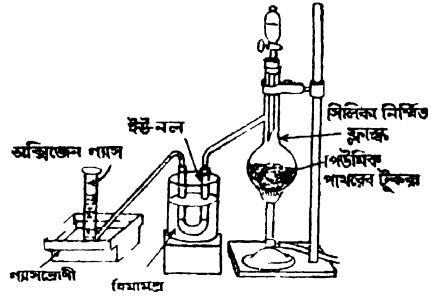
$$2HNO_3 + 8H = NH_4NO \;\; + 3H_2O$$

অতএব যোগ কবিয়া, $4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$।

(৩) ইহা ক্ষাবকেব সহিত ক্রিয়া কবিয়া লবণ ও জল উৎপাদন কবে।

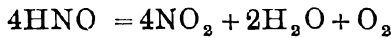
$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে যে সকল লবণ উৎপন হয তাহাদেব নাইট্রেট বলে। সোডিয়াম ও পটাসিয়াম নাইট্রেটেব কথা পূর্বে বলা হইযাছে। কোন ধাতুর নাইট্রেট প্রস্তুত কবিতে হইলে সেই ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। প্রায় সকল ধাতুই (কেবল গোল্ড প্লাটিনাম ও ইবিডিয়াম ভিন্ন) নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রাব্য। ক্ষারক বস্তুর (যথা অক্সাইড হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেট) উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলেও নাইট্রেট উৎপন্ন হইযা থাকে।

$$3Cu \quad + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

$$ZnO \quad + 2HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + H_2O$$

$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$$

তাপে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড বিশ্লিষ্ট হয় এব অক্সিজেন নাইট্রোজেন পার অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়। একটি সিলিকা ফ্লাস্কে (অতিশয় তাপসহ এবং সহসা উত্তপ্ত অবস্থায় জলে ডুবাইলে উহা ফাটিয়া যায় না) স্থিত উত্তপ্ত পিউমিস পাথরের টুকবার উপর বিন্দুপাতন ফানেলের সাহায্যে ফোটা ফোঁটা নাইট্রিক অ্যাসিড ফেলিলে লালবর্ণের গ্যাস উৎপন্ন হয়। ঐ উত্তপ্ত গ্যাসীয় পদার্থকে হিমমিশ্রে অবস্থিত U নলের মধ্যদিয়া অতিক্রম করান হইলে নাইট্রোজেন পাব অক্সাইড ও জল U নলে জমে। অক্সিজেন U নলেব মুখ দিয়া বাহিব হইয়া আসে

চিত্র ন 13

এব জনপূর্ণ গ্যাস জারে জলের প্রতিস্থাপন দ্বারা স গ্রহ করা যায়। এই গ্যাসজারে অর্ধ জলন্ত কাঠি প্রবেশ করাইলে উহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠে।

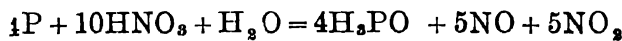
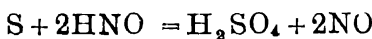
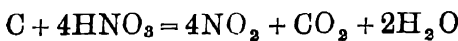
$$4HNO\ \ = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$

এইভাবে নাইট্রিক অ্যাসিডে অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়।

নাইট্রিক অ্যাসিড অতি তীব্র জারক। অধিকা শ অ ধাতব মৌল (non metallic elements) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে ফুটাইলে উহারা জারিত হইয়া তাহাদেব অক্সাইডে বা সর্বোচ্চ অক্সি অ্যাসিডে পরিণত হয়। যেমন, কার্বন হইতে কার্বন ডাই অক্সাইড সালফার হইতে সলফিউরিক অ্যাসিড ফসফোরাস হইতে ফসফোরিক অ্যাসিড আয়োডিন হইতে আয়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই সকল বিক্রিয়াতে নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেন পার অক্সাইড বা নাইট্রিক অক্সাইড দিয়া থাকে।

$$C + 4HNO_3 = 4NO_2 + CO_2 + 2H_2O$$

$$S + 2HNO\ \ = H_2SO_4 + 2NO$$

$$I_2 + 10HNO_3 = 2HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$$

$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO\ \ + 5NO + 5NO_2$$

পরীক্ষা (1) একটি পোর্সিলেন নির্মিত খর্পরে কিছুটা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড লইয়া তাহার ভিতর একখণ্ড স্ফুলিঙ্গ বিচ্ছুরণকারী কাঠ কয়লার টুকরা ছাড়িয়া দিলে উহা তীব্রভাবে জ্বলিয়া উঠে।

(2) একখানি অ্যাসবেসটসের খণ্ডে কিছুটা করাতের গুড়া লইয়া ত্রিপদীর উপর বসাইয়া বুনসেন দীপ দ্বারা করাতের গুড়াকে উত্তপ্ত করা হয়। তাহার পর কয়েক ফোঁটা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড উক্ত করাতের গুড়ার উপর ফেলিলে উহা স্ফুলিঙ্গ সহকারে জ্বলিয়া উঠে।

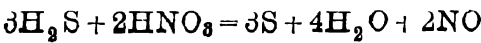
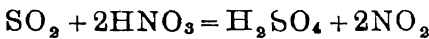
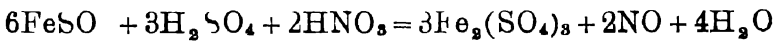
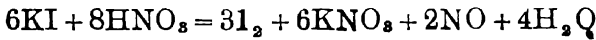
এই জারণ ক্রিয়াগুলি নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে সহজেই বিশ্লিষ্ট অক্সিজেন দ্বারা স ঘটিত হয়।

অনেক যৌগিক পদার্থও নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে জারিত হয়। যথা আয়োডাইড জারিত হইয়া আয়োডিন বিশ্লিষ্ট হয় ফেরাস সলফেট জারিত হইয়া ফেরিক সলফেট উৎপন্ন করে সলফার ডাই অক্সাইড জারিত হইয়া সলফিউরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয় এবং হাইড্রোজেন সলফাইড হইতে জারণের ফলে সলফার পাওয়া যায়।

$$6KI + 8HNO_3 = 3I_2 + 6KNO_3 + 2NO + 4H_2O$$

$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O$$

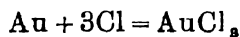
$$SO_2 + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO_2$$

$$3H_2S + 2HNO_3 = 3S + 4H_2O + 2NO$$

গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড উহাদের আণবিক ওজনের 3 : 1 অনুপাতে মিশাইলে যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাহাকে অম্লরাজ বা aqua regia বলে। উক্ত অম্লরাজ সামান্য উত্তাপ দিলে গোল্ড প্লাটিনাম প্রভৃতি ধাতুকে (noble metals) দ্রবীভূত করে। ইহার কারণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এই অবস্থায় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া জায়মান ক্লোরিণ উৎপন্ন করে —

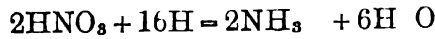
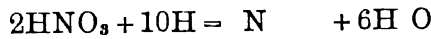
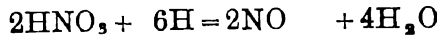
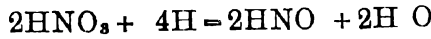
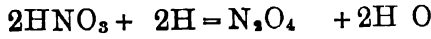
$$3HCl + HNO_3 = NOCl + 2H_2O + 2Cl$$

(নাইট্রোসিল ক্লোরাইড)

এই জায়মান ক্লোরিণ গোল্ড প্লাটিনাম প্রভৃতিকে জারিত করে।

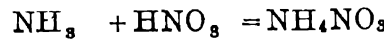
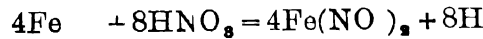
$$Au + 3Cl = AuCl_3$$

বিভিন্ন ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। গোল্ড প্লাটিনাম প্রভৃতি কয়েকটি ধাতুর উপরে নাইট্রিক অ্যাসিডের কোন ক্রিয়া নাই। অন্যান্য প্রায় সকল ধাতুর সহিতই নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া হইয়া থাকে এবং বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই ধাতব নাইট্রেট উৎপন্ন হয়। কোন কোন স্থলে

কিন্তু এই জায়মান হাইড্রোজেন বিভিন্ন অবস্থায় ও বিভিন্ন গাঢ়তর নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিভিন্নভাবে ক্রিয়া করিয়া থাকে। সুতরাং অবস্থাভেদে বিভিন্ন প্রকারের পদার্থ পাওয়া যায়। যথা—

$$2HNO_3 + 2H = N_2O_4 + 2H_2O$$
$$2HNO_3 + 4H = 2HNO_2 + 2H_2O$$
$$2HNO_3 + 6H = 2NO + 4H_2O$$
$$2HNO_3 + 8H = N_2O + 5H_2O$$
$$2HNO_3 + 10H = N_2 + 6H_2O$$
$$2HNO_3 + 16H = 2NH_3 + 6H_2O$$

আয়রনের সহিত পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া এই বাদ অনুসারে নিম্নলিখিতভাবে দেখান যাইতে পারে —

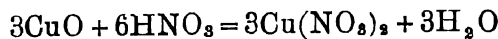
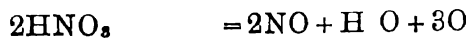
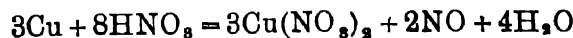
$$4Fe + 8HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + 8H$$
$$HNO_3 + 8H = 3H_2O + NH_3$$
$$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$$

যোগ করিয়া

$$4Fe + 10HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$$

(খ) অক্সাইড-গঠন বাদ (Oxide-formation Theory) এই বাদ অনুসারে নাইট্রিক অ্যাসিড ধাতুকে প্রথমে অক্সাইডে পরিণত করে। পরে উক্ত অক্সাইড অতিরিক্ত অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করিয়া ধাতুর নাইট্রেট ও জল উৎপাদন করে। কপারের উপর মধ্যম প্রকার গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া এই বাদ অনুসারে নিম্নলিখিতরূপে দেখান হয় —

$$2HNO_3 = 2NO + H_2O + 3O$$
$$3Cu + 3O = 3CuO$$
$$3CuO + 6HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 3H_2O$$

যোগ করিয়া—

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

(গ) নাইট্রাস অ্যাসিড বাদ (Nitrous Acid Theory) পক্ষান্তরে কেহ কেহ বলেন যে নাইট্রাস্ অ্যাসিডের উপস্থিতি ভিন্ন কপার (Cu) সিলভার

(Ag) মার্কারি (Hg) প্রভৃতি নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় না। এখন নাইট্রিক অ্যাসিডের ভিতর সর্বদাই অতি সামান্য পরিমাণ নাইট্রাস অ্যাসিড থাকে। এই নাইট্রাস অ্যাসিড অতি সামান্য তাপে (incipient heat) নাইট্রিক অ্যাসিডের বিযোজন হইতে উৎপন্ন হয়। উক্ত সামান্য নাইট্রাস অ্যাসিড ধাতুর সহিত ক্রিয়া করিয়া ধাতব নাইট্রাইট ও নাইট্রিক অক্সাইডউৎপাদন করে। এই নাইট্রিক অক্সাইড পরে নাইট্রিক অ্যাসিডকে নাইট্রাস অ্যাসিডে পরিবর্তিত করে। ধাতব নাইট্রাইট পরে নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা নাইট্রেটে রূপান্তরিত হয়। কপারএর সহিত বিক্রিয়া নিম্নলিখিতভাবে দেখান যায় —

$$Cu + 4HNO \qquad = Cu(NO\ ) \ + 2H\ O + 2NO \qquad (i)$$

$$HNO_3 + H_2O + 2NO = 3HNO \qquad (ii)$$

$$Cu(NO_2)_2 + 2HNO_3 = Cu(NO\ )_2 + 2HNO_2 \qquad (iii)$$

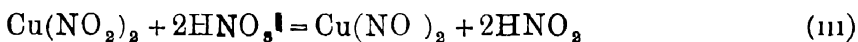
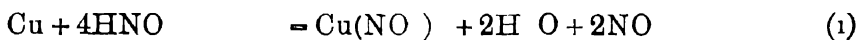
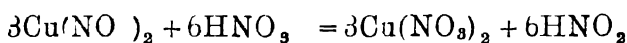
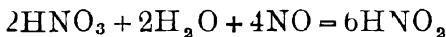
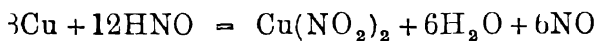
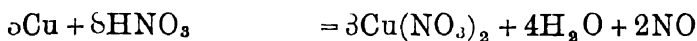
(i) কে 3 দিয়া গুণ করিয়া (ii) ক 2 দিয়া গুণ করিয়া এব (iii) কে 3 দিয়া গুণ করিয়া লিখিলে পাওয়া যায়—

$$3Cu + 12HNO \ = \ Cu(NO_2)_2 + 6H_2O + 6NO$$

$$2HNO_3 + 2H_2O + 4NO = 6HNO_2$$

$$3Cu(NO\ )_2 + 6HNO_3 \ = 3Cu(NO_3)_2 + 6HNO_2$$

যোগ করিয়া

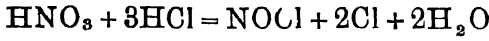
$$3Cu + 8HNO_3 \qquad = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$$

প্রত্যেক মতবাদেরই স্বপক্ষে কিছু না কিছু প্রমাণ আছে।

অম্লরাজ (Aqua regia) পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে গোল্ড (Gold) বা প্লাটিনাম ধাতু দ্রবীভূত হয় না। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডেও উক্ত ধাতুদ্বয় দ্রবীভূত হয় না। কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের 1 3 আয়তনিক অনুপাতের মিশ্রণে গোল্ড বা প্লাটিনাম দ্রবীভূত হয়। গোল্ডকে **ধাতুরাজ** বলে। সেইজন্য উক্ত অ্যাসিডদ্বয়ের মিশ্রণকে **অম্লরাজ** (kingly water) বলা হয় নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণক্রিয়ার ফলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে জায়মান ক্লোরিণ মুক্ত হয়। গোল্ড বা প্লাটিনাম

এই জায়মান ক্লোরিণ দ্বারা আক্রান্ত হইয়া ক্লোরাইডে রূপান্তরিত হওয়ার ফলে দ্রবীভূত হয়।

$$HNO_3 + 3HCl = NOCl + 2Cl + 2H_2O$$

নাইট্রোসিল ক্লোরাইড

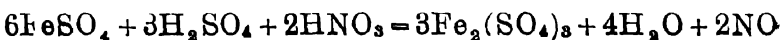
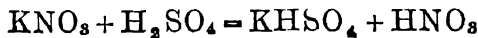
$$2Au + 6Cl + 2HCl = 2HAuCl_4$$

এই প্রক্রিয়া সুষ্ঠুভাবে সম্পন্ন হয় যখন নাইট্রিক অ্যাসিড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড 1 4 আণবিক অনুপাতে লওয়া হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিডের পরীক্ষা (Tests for Nitric Acid) নিম্নলিখিত তিনটি পরীক্ষার যে কোন একটি দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেটের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়।

বলয় পরীক্ষা একটি পরীক্ষা নলে (test tube) পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড বা কোন ধাতব নাইট্রেটের পাতলা দ্রবণ লওয়া হয়। তাহাতে ফেরাস সলফেটের ($FeSO_4$) দ্রবণ যোগ করা হয়। এই মিশ্রিত দ্রবণসহ পরীক্ষা নলটি জলের কল খুলিয়া দিয়া জলে সামান্য কাত করিয়া ধরিয়া ঠাণ্ডা করা হয়। তাহার পর গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড পরীক্ষা নলের গা দিয়া আস্তে আস্তে ঢালিয়া দেওয়া হয়। সলফিউরিক অ্যাসিড ভারী বলিয়া পরীক্ষা নলের নিম্নে জমা হয়। পরীক্ষা নলে কোনপ্রকার নাড়া দেওয়া হয় না। এই অবস্থায় দেখিতে পাওয়া যাইবে যে সলফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেট যুক্ত ফেরাস সলফেটের দ্রবণের স যোগস্থলে একটি বাদামী র এর বলয় গঠিত হইয়াছে। নাইট্রেট ব্যবহার করিলে উহা সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা বিশ্লিষ্ট হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন করে। ফেরাস সলফেট দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ফেরাস সলফেটের যে অতিরিক্ত দ্রব। থাকে তাহার সহিত নাইট্রিক অক্সাইড যুক্ত হইয়া $FeSO_4 \cdot NO$ যৌগে পরিবর্তিত হয় এব এই যৌগের বর্ণ বাদামী।

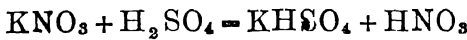
$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$$

$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 2NO$$

$FeSO_4 + NO = FeSO_4 \cdot NO$ (বাদামী রংএর দ্রবণ)

(খ) **ব্রুসিন পরীক্ষা (Brucine Test)** একটি পোর্সিলেন বেসিনে অতি সামান্য এক টুকরা ব্রুসিন রাখিয়া তাহাতে কয়েক ফোঁটা নাইট্রেটের দ্রবণ ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে মিশ্রিত দ্রবণের বর্ণ উজ্জ্বল লাল হয়।

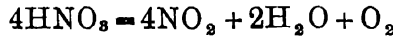
(গ) যে কোন নাইট্রেটের সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড ও কপারের ছিলা মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে পিঙ্গল বা লাল ধোঁয়া উত্থিত হয়। এই লাল ধোঁয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের (NO_2)।

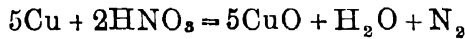
$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$$

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার (1) পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড বিকারক (reagent) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (2) ইহা ধাতুকে বা ধাতুর সংকরকে দ্রবীভূত করিতে ও পিতল বা কাঁসার বাসনে নাম খোদাই করিতে ব্যবহৃত হয়। (3) নাইট্রিক অ্যাসিড প্রধানতঃ অত্যুগ্র বিস্ফোরক প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। যথা নাইট্রোগ্লিসারিণ (যাহা হইতে ডিনামাইট উৎপন্ন হয়) পিকরিক অ্যাসিড ট্রাই নাইট্রোটোলুইন্ (T N T) প্রভৃতি বিস্ফোরক নাইট্রিক অ্যাসিডের সাহায্যে প্রস্তুত হয়। (4) কৃত্রিম সিল্ক কৃত্রিম রং সলফিউরিক অ্যাসিডের ও সেলুলয়েড প্রভৃতির পণ্য উৎপাদনেও নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হইয়া থাকে। (5) কোন কোন তড়িৎ ব্যাটারীতেও নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার দেখা যায়।

নাইট্রিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ। নাইট্রিক অ্যাসিডে অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করিতে হইলে একটি সিলিকা নির্মিত ফ্লাস্ক লইয়া তাহাতে দুইটি ছিদ্র যুক্ত একটি কর্ক লাগান হয়। একটি ছিদ্রের মধ্য দিয়া একটি বিন্দুপাতন ফানেল ও অপরটির মধ্য দিয়া একটি নির্গমন নল লাগান হয়। নির্গমন নলের মুখটি জলের দ্রোণীতে অবস্থিত জলের তলায় ডোবান থাকে। ফ্লাস্কের তলায় পিউমিস্ (ঝামা) পাথরের (pumice stone) টুকরা রাখিয়া ফ্লাস্কটিকে তারজালির উপর বসাইয়া বুনসেন দীপ দ্বারা উত্তপ্ত করা হয়। পাথরের টুকরাগুলি বেশ উত্তপ্ত হইলে বিন্দুপাতন ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ফেলা হয় এবং উদ্ভূত গ্যাস জল অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। নাইট্রোজেন পার অক্সাইডের লাল ধোঁয়া জলে দ্রবীভূত হয় কিন্তু অক্সিজেন জলে অদ্রাব্য বলিয়া গ্যাসজারে জল অপসারিত করিয়া জমা হয়। গ্যাসজারে সংগৃহীত গ্যাসটি যে অক্সিজেন তাহা সামান্য আভাযুক্ত এক টুকরা কাঠ

কয়লা গ্যাসের ভিতর নামাইয়া দিয়া দেখা হয় এবং উক্ত গ্যাসে তাহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠিয়া গ্যাসটিকে অক্সিজেন বলিয়া প্রমাণ করে।

$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$

নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করিতে নাইট্রিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করিয়া যে বাষ্প উৎপন্ন হয় তাহা লোহিত তপ্ত কপারের ছিবড়ার উপর দিয়া অতিক্রম করান হয়। এই পরীক্ষাটিতে একটি শক্ত কাচের নলের ভিতর কপারের ছিবড়া রাখিয়া লোহিত তপ্ত করা হয় এবং নলটির একমুখ দিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প চালনা করার ফলে উদ্ভূত এবং অপর মুখ দিয়া নির্গত গ্যাস যথাবিহিত ব্যবস্থা করিয়া জল অপসারণদ্বারা সংগ্রহ করা হয়। গ্যাসটি যে নাইট্রোজেন তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলি দ্বারা প্রমাণ করা হয়। (1) গ্যাসটি সাধারণ উত্তাপে নিষ্ক্রিয় (2) ইহা চুনের জলকে ঘোলা করে না (3) ইহা দহনের সহায়ক নয় এবং নিজেও দাহ্য নয় (4) ইহা উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম ধাতু দ্বারা সম্পূর্ণরূপে শোষিত হয়।

$$5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + H_2O + N_2$$

হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করিতে হইলে তীব্রভাবে উত্তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প একটি বরফ ও লবণের হিম মিশ্রে অবস্থিত U নলের মধ্য দিয়া অতিক্রম করান হয়। U নলের ভিতর কিছুটা তরল জমা হইয়াছে দেখা যায়। উক্ত তরলে পরীক্ষা দ্বারা দেখান যায় যে জল আছে। জলে হাইড্রোজেন আছে। অতএব নাইট্রিক অ্যাসিড ভাঙ্গিয়া যখন জল পাওয়া যায় তখন নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়।

নাইট্রেট নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ধাতু বা ধাতুসম যৌগমূলক (radical) দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া যে লবণ পাওয়া যায় তাহাকে নাইট্রেট বলে। যথা—

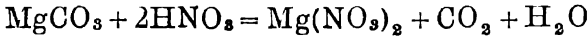
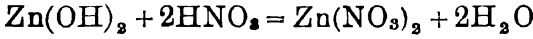
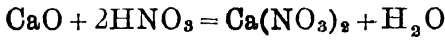
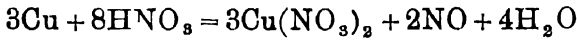
KNO_3 (পটাসিয়াম নাইট্রেট) $NaNO_3$ (সোডিয়াম নাইট্রেট) NH_4NO_3 (অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট) $AgNO_3$ (সিলভার নাইট্রেট) $Ca(NO_3)_2$ (ক্যালসিয়াম নাইট্রেট), $Pb(NO_3)_2$ (লেড নাইট্রেট) $Cu(NO_3)_2$ (কিউপ্রিক নাইট্রেট), ইত্যাদি। কোন ধাতুর নাইট্রেট প্রস্তুত করিতে হইলে সাধারণত সেই ধাতু বা তাহার অক্সাইড হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেট নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবণে যোগ করা হয়। তাহাতে যে দ্রবণ উৎপন্ন হয় তাহা

পরিস্রাবিত করিয়া পরিস্রুৎকে জলগাহে রাখিয়া ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে নাইট্রেটের কেলাস পাওয়া যায়।

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

$$CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O$$

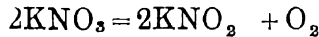
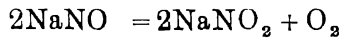
$$Zn(OH)_2 + 2HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2H_2O$$

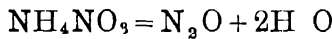
$$MgCO_3 + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$$

সকল নাইট্রেটই জলে দ্রাব্য।

নাইট্রেটের উপর তাপের ক্রিয়া (Action of heat on nitrates) সকল নাইট্রেটই তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে বিশ্লিষ্ট হয়। তবে বিভিন্ন ধাতুর নাইট্রেট বিভিন্নভাবে বিশ্লিষ্ট হইয়া থাকে।

(1) সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে তাহা সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রাইট ও অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হয়।

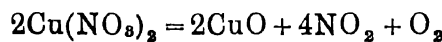
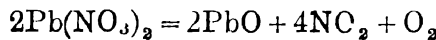
$$2NaNO \;\; = 2NaNO_2 + O_2$$

$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$$

(2) কিন্তু অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট যদিও সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রেটের মতই তাহা হইলেও উত্তাপ দিলে উহা নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O) এবং জলে ভাঙ্গিয়া যায়।

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H \;\; O$$

(3) ভারী ধাতুর নাইট্রেট যথা লেড নাইট্রেট বেরিয়াম নাইট্রেট কপার নাইট্রেট, প্রভৃতি উত্তপ্ত করিলে উহারা ধাতব অক্সাইড নাইট্রোজেন পার অক্সাইড এবং অক্সিজেনে ভাঙ্গিয়া যায়।

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

$$2Ba(NO_3)_2 = 2BaO + 4NO_2 + O_2$$

$$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$$

নাইট্রেটের ব্যবহার সোডিয়াম নাইট্রেট (চিলিদেশীয় সোরা), এবং **অ্যামোনিয়াম** নাইট্রেট সাররূপে সিলভার নাইট্রেট ফটোগ্রাফিতে, লেড নাইট্রেট রঞ্জন-শিল্পে এবং পরীক্ষাগারে ও বেরিয়াম নাইট্রেট বাজি প্রস্তুত কার্যে ব্যবহৃত হয়।

Questions

1 Describe with a neat sketch the method of preparation of nitric acid in the laboratory State the properties of nitric acid as far as possible How can nitric oxide and nitrogen peroxide be obtained from nitric acid ?

১। পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রস্তুত প্রণালী ছবি সংযোগে বর্ণনা কর। নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম যতদূর সম্ভব উল্লেখ কর। নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে কিভাবে নাইট্রিক অক্সাইড এবং নাইট্রোজেন পার অক্সাইড পাওয়া যাইতে পারে ?

2 Prove by experiments that nitric acid is a compound of nitro en hydrogen and oxygen

২। নাইট্রিক অ্যাসিড যে নাইট্রোজেন হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ তাহা পরীক্ষামূলকভাবে প্রমাণ কর।

3 Describe with equations the reactions that occur when cold or hot nitric acid is added to zinc copper tin and mercury

৩। শীতল অথবা উষ্ণ নাইট্রিক অ্যাসিড জিঙ্ক কপার টিন এবং মার্কারীর উপর যোগ করিলে যে প্রকার বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর।

4 Describe the method of manufacture of nitric acid from synthetic ammonia

৪। সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন বর্ণনা কর।

5 What are the impurities present in nitric acid produced from sodium nitrate ? Describe the process of getting pure and concentrated nitric acid from this impure nitric acid How can you get (a) oxygen (b) nitrogen (c) ammonia (d) nitrous oxide (e) nitric oxide and (f) nitrogen peroxide from nitric acid Give equations wherever necessary

৫। সোডিয়াম নাইট্রেট হইতে উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডে কি কি অশুদ্ধি দেখিতে পাওয়া যায় ? এই অশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে কিভাবে বিশুদ্ধ ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যাইতে পারে তাহা বর্ণনা কর। নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে কিভাবে (ক) অক্সিজেন (খ) নাইট্রোজেন (গ) অ্যামোনিয়া (ঘ) নাইট্রাস অক্সাইড (ঙ) নাইট্রিক অক্সাইড এবং (চ) নাইট্রোজেন পার অক্সাইড পাওয়া যাইতে পারে ? যেখানে প্রয়োজন সেইখানেই সমীকরণ সহকারে বর্ণনা দিতে হইবে।

6 State which of the following statements are correct and write out the erraneous statements after correction —

(a) On heating ammonium nitrate nitric oxide and water are obtained

(b) Ammonium nitrate water and zinc nitrate are produced by the action of concentrated nitric acid on zinc

(c Nitric acid breaks down on heating into nitrogen oxygen and water

(d) Aqua regia reacts through evolved oxygen

৬। নিম্নলিখিত উক্তিগুলির মধ্যে কোন্‌টি সত্য তাহা উল্লেখ কর এবং বাকী ভুল উক্তিগুলি স শোধিত করিয়া লিখ —

(ক) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রিক অক্সাইড এবং জল পাওয়া যায়।

(খ) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত জিঙ্কের বিক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট জল এবং জিঙ্ক নাইট্রেট উৎপন্ন হয়।

(গ) নাইট্রিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে ইহা নাইট্রোজেন অক্সিজেন এবং জলে ভাঙ্গিয়া যায়।

(ঘ) অম্লরাজের ক্রিয়া উৎপন্ন অক্সিজেনের জন্য ঘটিয়া থাকে।

7 Describe what happens when (a) dilute nitric acid and (b) concentrated nitric acid are distilled

৭। (ক) পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড এব (খ) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড পাতিত করিলে কি প্রকার ঘটনা হয় তাহা বর্ণনা কর।

8 State with equations what happens when the following nitrates are heated —

(a) Sodium nitrate (b) Ammonium nitrate (c) Silver nitrate (d) Cupric nitrate (e) Lead nitrate and (f) Ferric nitrate

৮। নিম্নলিখিত নাইট্রেট লি উত্তপ্ত কলে কি ঘটিয়া থাকে তাহা সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর (ক) সোডিয়াম নাইট্রেট (খ) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (গ) সিলভার নাইট্রেট (ঘ) কিউপ্রিক নাইট্রেট (ঘ) লেড নাইট্রেট (চ) ফেরিক নাইট্রেট।

9 State the uses of nitric acid as oxidisin agent and as a solvent for metals with equations

৯। নাইট্রিক অ্যাসিডের জারক হিসাবে ব্যবহার এব ধাতুর দ্রাবক হিসাবে ব্যবহার সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর।

10 State giving equations what happens when (a) Lead nitrate is strongly heated (b) sodium nitrate is heated with concentrated sulphuric acid (c) Moderately dilute nitric acid is added to copper turnings and (d) Ammonium nitrate is heated

Mention in each case the colour of the gas or vapour evolved and also of the residue if any

(Higher Secoondary West Bengal —1960)

11 State the conditions necessary for conversion of ammonia to nitric acid on a large scale Describe one other method of manufacturing nitric acid

Give one example each of the reactions of nitric acid (a) as an acid (b) as an oxidising agent

১১। অ্যামোনিয়া হইতে অধিক পরিমাণে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদনের সর্তাবলী উল্লেখ কর। নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনের একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

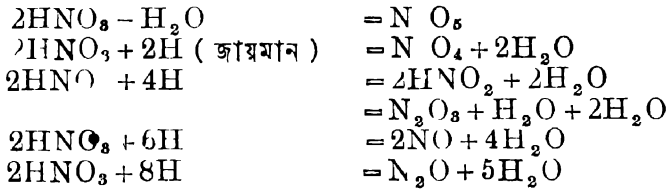
নাইট্রিক অ্যাসিডের (ক) অম্লত্ব এবং (খ) জারকত্ব সম্বন্ধে একটি করিয়া উদাহরণ দাও।

সপ্তদশ অধ্যায়

নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ

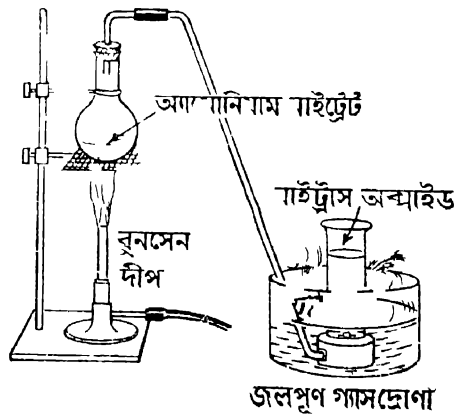
(Oxides of Nitrogen)

নাইট্রোজেনের পাঁচটি অক্সাইড জানা আছে যথা নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O) নাইট্রিক অক্সাইড (NO) নাইট্রোজেন ট্রাই অক্সাইড (N_2O_3) নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড (N_2O_4) বা নাইট্রোজেন পার অক্সাইড (NO_2) এবং নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড (N_2O_5)। ইহারা প্রায় সকলই নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণ হইতে উদ্ভূত হয়। কেবল নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে জল অপসারণ দ্বারা পাওয়া যায়।

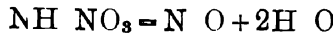
$$2HNO_3 - H_2O = N_2O_5$$
$$2HNO_3 + 2H \text{ (জায়মান)} = N_2O_4 + 2H_2O$$
$$2HNO_3 + 4H = 2HNO_2 + 2H_2O$$
$$= N_2O_3 + H_2O + 2H_2O$$
$$2HNO_3 + 6H = 2NO + 4H_2O$$
$$2HNO_3 + 8H = N_2O + 5H_2O$$

নিম্নে নাইট্রাস অক্সাইড নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন পার অক্সাইড সম্বন্ধে কিছু আলোচনা করা হইল।

(ক) নাইট্রাস অক্সাইড (Nitrous Oxide N_2O)

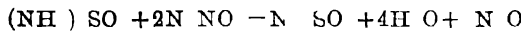
আণবিক ওজন 44 বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক 22।

প্রস্তুতি একটি গোলতলা বিশিষ্ট (round bottomed) ফ্লাস্কে কিছুটা শুষ্ক অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3) লইয়া তাহার মুখে একটি কর্ক বা ছিপি লাগান হয়। ছিপিটিতে একটি মাত্র ছিদ্র করিয়া তাহাতে একটি নির্গম নল লাগান হয়। নির্গম নলের শেষপ্রান্ত একটি গ্যাস দ্রোণীতে গরম জল রাখিয়া জলের তলায় ডুবাইয়া দেওয়া হয়। একটি গ্যাসজার গরমজল দ্বারা ভর্তি করিয়া উক্ত নলের মুখের উপর বসান হয়। তাহার পর ফ্লাস্কটিকে তারজালির উপর লৌহদণ্ডে আটকাইয়া বসাইয়া

চিত্র নং 14

বুনসেন দীপ দ্বাবা 200 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতাব নীচে ধীবে ধীবে উত্তপ্ত কবা হয়। অ্যামোনিযাম নাইট্রেট প্রথমে গলিয়া যায় এব পবে ইহা নাইট্রাস অক্সাইড ও জলে বিশ্লিষ্ট হয়।

$$NH NO_3 = N O + 2H O$$

উৎপন্ন নাইট্রাস অক্সাইড ঠাণ্ডা জলে দ্রাব্য। সেই কারণে গরম জল অপসারণ দ্বাবা গ্যাসটি স গৃহীত হয।

বিশেষ দ্রষ্টব্য অ্যামোনি াম নাইট্রেটকে ‌ ব তাডাতাড়ি 250 সেন্টিগ্রেডের উপব উ‌ে কবিলে বিস্ফোরণ ঘটিতে পাবে। সে কারণে অ্যামোনিযা নাইট্রেটের পরিবর্তে অ্যামোনিযাম সলফেট ও সোডিযাম না ট্রেটেব কঠিন ি শ্র কে উত্তপ্ত কবা হয এব তখন প্র মে বিপবিবর্ত (d ble de mpos t on) দ্বাবা অ্যামোনিযাম নাইট্রেট উৎপন্ন হয এব সেই অ্যামোনিযাম না ট্রেট বি ষ্ট হইযা ধীে ধীবে নাইট্র স অক্সা ড ্যাস দিযা থাকে।

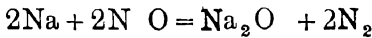
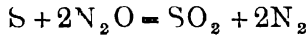
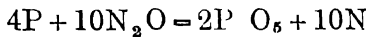
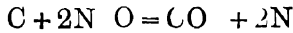
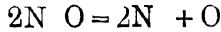
$$(NH\ ) SO\ + 2N\ NO\ - N\ \ SO\ + 4H\ O + \ N\ O$$

নাইট্রাস অক্সাইডেব ধম াইট্রাস অক্সাইড বর্ণ ীন সামান্য মিষ্টগন্ধ বিশিষ্ট গ্যাস। ইহা বা অপেক্ষা প্রায দেড় ণ ভাবী। হা ঠাণ্ডা জলে এব অ্যালকোহলে অনেক পবিমাণে দ্রাব্য সেইজন্য এ গ্যাসটি গবম জল বা পাবদ অপসাবণ দ্বাবা স গ্রহ কবা য়। এই গ্যাসেব জলে দ্রবণ লিটমাসেব বর্ণের কোন পবিবর্তন ঘটায় না। অ্যাসিড বা ক্ষাবক পদার্থেব সহিত ই াব কোন ক্রিয়া হয় না। সুতবা াইট্রাস অক্সা ড ন াইট্রোজেনে একটি প্রশম (neutral) অক্সাইড।

শবীরেব উপব না ট্রাস অক্সা ডেব ক্রিয়া পবিলক্ষিত হয। বায়ুমিশ্রিত নাইট্রাস অক্সা ড স্বল্প পবিমাণে াসপ্রশ্বাসেব সহিত গ্র কবিলে হাস্য উদ্রেক করে। সেইজন্য এই গ্যাসকে লাফি গ্যাস (laughing gas) বলে। অনেকক্ষণ ধবিয়া এই গ্যাস অবিমিশ্র অবস্থায শ্বাসপ্রশ্বাসেব সহিত গ্রহণ কবিলে ইহা শবীবেব স্নায়ুকে অবশ কবিযা দেয **সেইজন্য ইহা সামান্য অস্ত্রোপচারের সময় চৈতন্যনাশক বা অবচেতক (anaesthetic) রূপে ব্যবহৃত হয।** অতিরিক্ত পরিমাণে ইহা গ্র কবিলে মানুষ অজ্ঞান হইয়া ড়ে এব তাহার মৃত্যু পর্যন্ত ঘটিতে পাবে।

নাইট্রাস অক্সাইড অক্সিজেনের মত নিজে দাহ্য নয কিন্তু অপবেব দহনে সহায়তা করে। শিখাহীন কিন্তু আভাযুক্ত দীপ্ত কযলা একটি নাইট্রাস অক্সাইড পূর্ণ জারের ভিতর ধবিলে উহা উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে। জ্বলন্ত ফসফোরাস

বা জলন্ত গন্ধক বা প্রজ্বলিত সোডিয়াম বা পটাসিয়াম নাইট্রাস অক্সাইড পূর্ণ জারের ভিতর উজ্জ্বলন চামচে করিয়া ধরিলে খুব উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে।

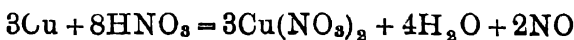
ইহার কারণ অনুসন্ধান করিলে দেখা যায় যে প্রকৃতপক্ষে এই সকল জলন্ত পদার্থের দহনদ্বারা উদ্ভূত তাপে নাইট্রাস অক্সাইড বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন উৎপন্ন করে। এই উৎপন্ন অক্সিজেনই উক্ত পদার্থগুলির দহনে সহায়তা করে। বিযোজিত নাইট্রাস অক্সাইডে অক্সিজেনের আয়তনিক পরিমাণ শতকরা 33 ভাগ। কাজেই বিযোজনদ্বারা উদ্ভূত নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণে বায়ু অপেক্ষা অক্সিজেনের পরিমাণ বেশী। এইজন্য নাইট্রাস অক্সাইডে পদার্থগুলির দহন তীব্রভাবে এবং দ্রুতভাবে ঘটিয়া থাকে।

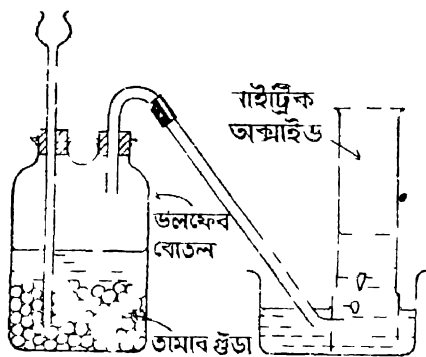
$$2N_2O = 2N_2 + O_2$$
$$C + 2N_2O = CO_2 + 2N_2$$
$$4P + 10N_2O = 2P_2O_5 + 10N_2$$
$$S + 2N_2O = SO_2 + 2N_2$$
$$2Na + 2N_2O = Na_2O_2 + 2N_2$$

এইজন্যই ক্ষীণভাবে প্রজ্বলিত গন্ধকের টুকরা উজ্জ্বলন চামচে করিয়া নাইট্রাস অক্সাইড পূর্ণ একটি গ্যাসজারে নামাইয়া দিলে উহা নিভিয়া যায় কিন্তু ভালভাবে এবং উজ্জ্বলভাবে পুড়িতেছে এরূপ গন্ধকের টুকরা উক্ত গ্যাসে আরও উজ্জ্বলভাবে জ্বলিতে থাকে। ইহার একমাত্র কারণ প্রথম ক্ষেত্রে যথেষ্ট উত্তাপ না পাওয়ায় নাইট্রাস অক্সাইডের বিযোজন সংঘটিত হয় না এবং উপযুক্ত অক্সিজেনের অভাবে দহনকার্য বন্ধ হইয়া যায়। কিন্তু দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন অক্সিজেন সুষ্ঠুভাবে দহনকার্য ঘটাইয়া থাকে।

(খ) নাইট্রিক অক্সাইড (Nitric Oxide NO)

আণবিক ওজন 30 বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক 15

প্রস্তুতি পরীক্ষাগারে কপারের উপর একভাগ নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত দুইভাগ জল মিশাইয়া এই মিশ্রণকে সাধারণ উষ্ণতায় ক্রিয়া করিতে দিলে নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$$

একটি উলফ বোতলে কিছুটা কপারের ছিলা (Copper turnings) লওয়া হয়। উক্ত উলফ বোতলের একটি মুখে কর্ক লাগাইয়া কর্কের মধ্য দিয়া ছ্যাঁদা

চিত্র – ১৬

করিয়া একটি দীর্ঘনল ফানেল (thistle funnel) লাগান হয় এবং উক্তরূপে দ্বিতীয় মুখের কর্কের ভিতর দিয়া একটি বাঁকানো নির্গম নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড একটি বীকারে লইয়া তাহার সহিত তাহার আয়তনের দ্বিগুণ আয়তন জল মিশান হয়। এই অ্যাসিডের দ্রবণকে দীর্ঘনল ফানেল দ্বারা বোতলের ভিতর ঢালিয়া দেওয়া হয়। লক্ষ্য করিতে হইবে যে দীর্ঘনল ফানেলের শেষপ্রান্ত সকল সময়ের জন্য অ্যাসিডের দ্রবণের ভিতর ডুবিয়া থাকে। অ্যাসিডের দ্রবণ কপারের সহিত সংস্পর্শে আসামাত্রই নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস বোতলের ভিতরে যে বায়ু থাকে তাহার অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া পিঙ্গলবর্ণের নাইট্রোজেন পার অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। $2NO + O_2 = 2NO_2$। এই প্রকারে উৎপন্ন পিঙ্গলবর্ণ গ্যাসকে প্রথমে নির্গম নল দিয়া বাহির হইতে দেওয়া হয়। বোতলের ভিতরের সমস্ত অক্সিজেন এই ভাবে নিঃশেষিত হইলে বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড নির্গম নল দিয়া বাহির হয়। তখন নির্গম নলের শেষপ্রান্ত গ্যাসদ্রোণীস্থিত জলের ভিতরে রাখিয়া উহার উপর জলপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করিয়া রাখা হয়। জল অপসার দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস গ্যাসজারে জমে।

দ্রষ্টব্য এই প্রস্তুতিতে লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে উলফ বোতলটির সহিত যুক্ত অংশগুলি সম্পূর্ণ বায়ুনিরুদ্ধ হয়।

শোধন এই গ্যাসের সহিত কিছু নাইট্রাস অক্সাইড এবং নাইট্রোজেন মিশ্রিত থাকে। এই অশুদ্ধ গ্যাস মিশ্রণ হইতে বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড পাইতে হইলে শীতল ফেরাস সলফেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া উক্ত মিশ্রণকে অতিক্রম করাইলে কেবলমাত্র নাইট্রিক অক্সাইড শোষিত হয় এবং ঘোর বাদামীবর্ণের (brown) দ্রবণ পাওয়া যায়। উক্ত বাদামী দ্রবণে $FeSO_4$ NO যৌগটি গঠিত

হয়। এই $FeSO_4$, NO দু স্থিত পদার্থ। সামান্য উত্তাপ প্রয়োগ করিলে পুনরায় নাইট্রিক অক্সাইড উৎপাদিত হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইড গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শুষ্ক করিয়া গ্যাসজারে পারদ অপসার দ্বারা সংগ্রহ করা হয় এবং এই নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস বিশুদ্ধ।

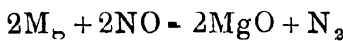
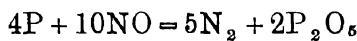
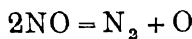
বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতি পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) ফেরাস সলফেট ($FeSO_4$) এবং পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ একটি ফ্লাস্কে লইয়া উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইডকে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া শুষ্ক করা হয় এবং পারদ অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

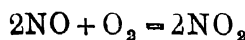
নাইট্রিক অক্সাইডের ধর্ম নাইট্রিক অক্সাইড বর্ণহীন গ্যাস। ইহার স্বাদ বা গন্ধ গ্রহণ করা যায় না কারণ ইহা বায়ুর সংস্পর্শে আসামাত্র পিঙ্গলবর্ণের নাইট্রোজেন পার অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। ইহা জলে অতি সামান্য দ্রবীভূত হয়। ইহা বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী। শরীরের উপর এই গ্যাসের বিষক্রিয়া আছে।

নাইট্রিক অক্সাইড একটি প্রশম (neutral) অক্সাইড। ইহা লিটমাসের বর্ণের কোন পরিবর্তন ঘটাইতে পারে না। ইহা নিজে অদাহ্য গ্যাস এবং সাধারণত অপরের দহনেও সহায়তা করে না। নাইট্রিক অক্সাইড পূর্ণ গ্যাসজারের ভিতর জ্বলন্ত মোমবাতি বা পাকাঠি ক্ষীণভাবে প্রজ্বলিত সলফার বা ফসফোরাস দিলে উহারা নির্বাপিত হইয়া যায়। কিন্তু উজ্জ্বলভাবে প্রজ্জ্বলিত ফসফোরাস বা ম্যাগনেসিয়ামের তার এই গ্যাসে প্রবেশ করাইলে উহারা নিঃশেষ না হওয়া পযন্ত অতি উজ্জ্বলভাবে জ্বলে। ইহার কারণ নাইট্রিক অক্সাইড নাইট্রোজেনের অন্যান্য অক্সাইড অপেক্ষা সুস্থিত যৌগ। ইহা কম উষ্ণতায় বিয়োজিত হয় না কিন্তু উচ্চ উষ্ণতায় (1000 সেটিগ্রেড বা তদূর্ধ্বে) বিশ্লিষ্ট হইয়া নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন দেয় এবং এই উৎপন্ন অক্সিজেন দহনকার্যে সহায়তা করে।

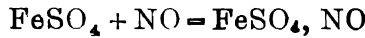
$$2NO = N_2 + O$$

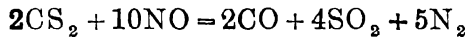
$$4P + 10NO = 5N_2 + 2P_2O_5$$

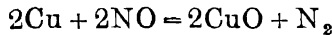
$$2Mg + 2NO = 2MgO + N_2$$

নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেনের সহিত সহজেই ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন পার অক্সাইডের বাদামী ধোঁয়া উৎপন্ন করে—

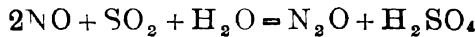
$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

একটি নাইট্রিক অক্সাইড পূর্ণ গ্যাসজারের মুখের ঢাকনি খুলিয়া দিলে তৎক্ষণাৎ বায়ুর অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়ার ফলে বাদামী র এর ধোঁয়া দেখা দেয়।

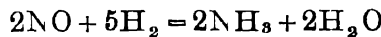
নাইট্রিক অক্সাইড শীতল ফেরাস সলফেটের দ্রবণে সহজে দ্রবীভূত হয় এব বাদামী র এর ত্বস্থিত যৌগ $FeSO_4$ NOএর দ্রবণ উৎপন্ন করে। দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে নাইট্রিক অক্সাইড দ্রবণ হইতে বাহির হইয়া আসে।

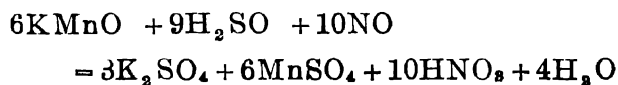
$$FeSO_4 + NO = FeSO_4, NO$$

কার্বন ডাই সালফাইডের বাষ্প ও নাইট্রিক অক্সাইডের মিশ্রণে অগ্নিস যোগ করিলে ইহা উজ্জল নীল শিখর সহিত জ্বলিতে থাকে। একটি নাইট্রিক অক্সাইড পূর্ণ গ্যাসজারে ঢাকনা সরাইয়া তুই তিন ফোটা কার্বন ডাই সালফাইড ফেলিয়া গ্যাস জারটিতে পুনরায় ঢাকনা ভালভাবে লাগাইয়া ঝাঁকাইয়া লইয়া ঢাকনা সরাইয়া অগ্নিস যোগ করা হয়। উজ্জল নীল শিখার সহিত মিশ্রণটি জ্বলিতে থাকে।

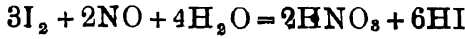
$$2CS_2 + 10NO = 2CO + 4SO_2 + 5N_2$$

উত্তপ্ত কপার বা আয়রণের উপর দিয়া নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করাইলে উহা বিজারিত হয় এব নাইট্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায়।

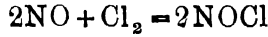
$$2Cu + 2NO = 2CuO + N_2$$

সলফার ডাই অক্সাইডের দ্রবণের ভিতর দিয়া নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করাইলে নাইট্রিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া নাইট্রাস অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2NO + SO_2 + H_2O = N_2O + H_2SO_4$$

নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত হাইড্রোজেন গ্যাস মিশাইয়া উত্তপ্ত প্লাটিনামযুক্ত অ্যাসবেস্টসের উপর দিয়া অতিক্রম করাইলে নাইট্রিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$2NO + 5H_2 = 2NH_3 + 2H_2O$$

সলফিউরিক অ্যাসিড যুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া নাইট্রিক অক্সাইড অতিক্রম করাইলে ইহা জারিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড গঠন করে। পারম্যাঙ্গানেটের বর্ণও চলিয়া যায়।

$$6KMnO\ \ + 9H_2SO\ \ + 10NO$$
$$= 3K_2SO_4 + 6MnSO_4 + 10HNO_3 + 4H_2O$$

আয়োডিনের দ্রবণও নাইট্রিক অক্সাইডকে জারিত করে।

$$3I_2 + 2NO + 4H_2O = 2HNO_3 + 6HI$$

নাইট্রিক অক্সাইড ও ক্লোরিণ ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোসিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$2NO + Cl_2 = 2NOCl$$

ব্যবহার বাকল্যাণ্ড ও আইড প্রণালীতে উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড হইতে একসময়ে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হইত। এক্ষণে অ্যামোনিয়ার জারণ দ্বারা উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে (Chamber process) সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে নাইট্রিক অক্সাইড অনুঘটক হিসাবে প্রয়োজন হয়।

(গ) নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড বা পার-অক্সাইড

(Nitrogen tetroxide or peroxide N_2O_4 or NO_2)

আণবিক ওজন 92 বা 46 বাষ্পীয় ঘনত্ব 46 বা 23

প্রস্তুতি লেড নাইট্রেটকে [Lead nitrate $Pb(NO_3)_2$] উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রোজেন পার অক্সাইড পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয়।

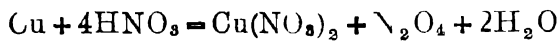
$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

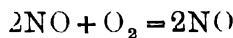
একটি শক্ত ও মোটা কাচনলে শুষ্ক ও গুঁড়া লেড নাইট্রেট লওয়া হয়। কাচ নলের মুখটি কর্ক দিয়া বন্ধ করা হয়। উক্ত কর্কে একটি ছ্যাদা করিয়া একটি বাঁকানো নির্গম নল লাগাইয়া দেওয়া হয়। নির্গম নলটির অপর প্রান্ত একটি U নলের সহিত সংযুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। U নলটিকে একটি বরফ ও লবণের হিমমিশ্রের (freezing mixture) ভিতর রাখা হয়। লেড নাইট্রেট সহ শক্ত ও মোটা কাচনলটিকে একটি লোহার দণ্ডে একটু ঊর্ধ্বমুখী করিয়া বাকানো আটার দ্বারা আটকাইয়া দেওয়া হয়। তাহার পর বুনসেন দীপ দ্বারা নলটিকে আস্তে আস্তে উত্তপ্ত করা হয়। লাল রং এর নাইট্রোজেন পার অক্সাইড গ্যাস ও অক্সিজেন নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া আসিয়া U নলে যায়। শীতল U নলে নাইট্রোজেন

চিত্র ম 16

পার অক্সাইড সামান্য হরিদ্রাভ তরলে রূপান্তরিত হইয়া জমা হয় এবং অক্সিজেন U নলের খোলা মুখ দিয়া বাহির হইয়া যায়। U-নলের খোলা মুখে অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করিতে হইলে উক্ত স্থানে একটি প্রায় নির্বাণোন্মুখ জলন্ত পাকাটি ধরিলে উহা পুনরায় উজ্জ্বলভাবে জলিয়া উঠিবে। শক্ত কাচনলের হলুদ রঙএর লেড মনোক্সাইড PbO পড়িয়া থাকে।

পরীক্ষাগারের এই প্রণালী ছাড়াও অন্যভাবে নাইট্রোজেন পার অক্সাইড উৎপাদন করা যায়। তন্মধ্যে কপারের উপর গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়াই প্রধান।

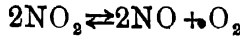
$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + N_2O_4 + 2H_2O$$

নাইট্রিক অক্সাইড ও অক্সিজেন মিশাইলেও নাইট্রোজেন পার অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2NO + O_2 = 2NO$$

নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্ম নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড সাধারণ উষ্ণতায় একটি পিঙ্গলবর্ণ গ্যাসীয় পদার্থ। কিন্তু −9 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা বর্ণহীন স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থে রূপান্তরিত হয়। এই কঠিন পদার্থের অণুগুলি N_2O_4 অবস্থায় থাকে। উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে ইহা ঈষৎ হলুদ বর্ণের একটি তরল পদার্থে পরিণত হয়। উষ্ণতাবৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইহার বর্ণও যথাক্রমে কমলালেবুর র (orange) এবং লালচে হয়। 22 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় তরলটি ফুটিতে আরম্ভ করে এবং পিঙ্গল বর্ণের গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহার উপর উষ্ণতা ক্রমশ বাড়াইলে গ্যাসের র ও অধিকতর লাল হইতে থাকে। ইহার কারণ উষ্ণতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইলে N_2O_4 অণুগুলি ভাঙ্গিয়া NO_2তে রূপান্তরিত হয়।

$$N_2O_4 \rightleftharpoons NO_2 + NO_2$$

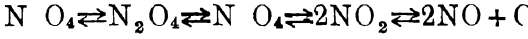
N_2O_4 অণুগুলি বর্ণহীন কিন্তু NO_2 অণুগুলি গাঢ় লালবর্ণের। 140 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় N_2O_4 অণুগুলি সম্পূর্ণভাবে বিয়োজিত হইয়া NO_2 অণুতে রূপান্তরিত হয়। এই বিষয়টি বিভিন্ন উষ্ণতায় গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব নিরূপণ দ্বারা স্থিরীকৃত হইয়াছে। এই সময়ে গ্যাসের বর্ণ সর্বাপেক্ষা গাঢ় হয়। আরও উত্তাপ দিলে গ্যাসের র ফিকা হইতে থাকে। কারণ উত্তাপে NO_2 অণু বিয়োজিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। 620 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় নাইট্রোজেন পার অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে ভাঙ্গিয়া যায় এবং গ্যাসটি একেবারে বর্ণহীন হইয়া যায়।

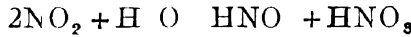
নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ

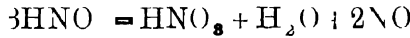
$$2NO_2 \rightleftharpoons 2NO + O_2$$

উষ্ণতা কমাইলে বিক্রিয়াগুলি বিপরীত দিকে ঘটিয়া থাকে।

$$\begin{array}{cccc} -9\,C & 22\,C & 40\,C & 920\,C \end{array}$$

$$N\ O_4 \rightleftharpoons N_2O_4 \rightleftharpoons N\ O_4 \rightleftharpoons 2NO_2 \rightleftharpoons 2NO + C$$

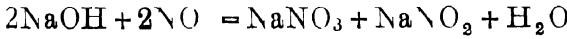
(কঠিন) (তরল) (গ্যাস)

নাইট্রোজেন পার অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হয় এবং জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন করে।

$$2NO_2 + H\ O\quad HNO\ + HNO_3$$

উষ্ণতা একটু বাড়াইলে নাইট্রাস অ্যাসিড ভাঙ্গিয়া যায় এবং উহা হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$3HNO\ = HNO_3 + H_2O + 2NO$$

কস্টিক সোডার দ্রবণে বা গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন পার অক্সাইড শোষিত হয়। কস্টিক ক্ষারকের সহিত ক্রিয়ার ফলে নাইট্রেট ও নাইট্রাইট উৎপন্ন হয়।

$$2NaOH + 2NO\ = NaNO_3 + NaNO_2 + H_2O$$

সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় নাইট্রোসো সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$H_2SO_4 + N\ O_4 - HSO_4(NO) + HNO_3$$

নাইট্রোজেন পার অক্সাইড অদাহ্য এবং সাধারণ উষ্ণতায় এই গ্যাস অপরের দহনের সহায়ক নয়। কিন্তু অধিক উষ্ণতায় গ্যাসটি বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন দেয় এবং এই উৎপন্ন অক্সিজেন দহনকার্যে সাহায্য করে। এই কারণে ভালভাবে প্রজ্জ্বলিত ফসফোরাস ও পটাসিয়াম এই গ্যাসে দিলে জ্বলিতে থাকে।

নাইট্রোজেন পার অক্সাইড একটি জারক। সাধারণ উষ্ণতায় ইহা কার্বন মনোক্সাইড হাইড্রোজেন সলফাইড ও পটাসিয়াম আয়োডাইডকে জারিত করে এবং লোহিত তপ্ত কপার বা উত্তপ্ত লেড এবং টিনকে জারিত করিয়া তাহাদের অক্সাইড উৎপাদন করে।

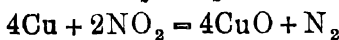
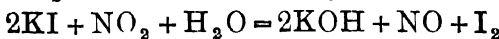
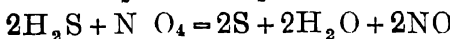
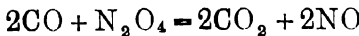
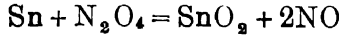
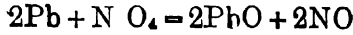
$$2CO + N_2O_4 = 2CO_2 + 2NO$$

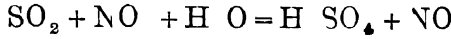
$$2H_2S + N\ O_4 = 2S + 2H_2O + 2NO$$

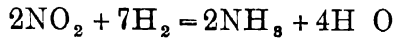
$$2KI + NO_2 + H_2O = 2KOH + NO + I_2$$

$$4Cu + 2NO_2 = 4CuO + N_2$$

$$2Pb + N\ O_4 = 2PbO + 2NO$$

$$Sn + N_2O_4 = SnO_2 + 2NO$$

নাইট্রোজেন পাব অক্সাইড সালফাব ডাই অক্সাইডের জলেব দ্রবণকে জারিত করিয়া সলফিউবক অ্যাসিডে পবিণত করে।

$$SO_2 + NO\ + H\ O = H\ SO_4 + NO$$

উত্তপ্ত প্লাটিনাম অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার করিয়া তাহাব উপব দিয়া নাইট্রোজেন পাব অক্সাইড ও হাইড্রোজেনেব মিশ্রণকে অতিক্রম করাইলে NO_2 বিজাবিত হইয়া অ্যামোনিযাতে পবিণত হয়।

$$2NO_2 + 7H_2 = 2NH_3 + 4H\ O$$

Questions

1 Name the oxides of nitro en with their formulae Describe with equations the action of (*a*) water and (*b*) caustic potash solution on these oxides of nitrogen

১। নাইট্রোজেনেব অক্সাইড গুলিব নাম স কেত সহকাবে উল্লেখ কব। এই অক্সাইড গুলিব উপর (ক) জলেব এব (খ) কষ্টিক পটাসের দ্রবণেব বিক্রিযা সমীকবণ সহকাবে বর্ণনা কর।

2 Describe the method of preparation of nitrous oxide in the pure state State its properties and uses

২। নাইট্রাস অক্সাইড বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত কবাব প্রণালী বর্ণনা কব। উহাব ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কব।

3 Prove that nitrous oxide is a compound of nitrogen and oxygen and not a mixture of the two

৩। নাইট্রাস অক্সাইড যে নাইট্রোজেন এব অক্সিজেনেব যৌগ এবং উক্ত গ্যাসদ্বযেব মিশ্রণ নয তাহা প্রমাণ কব।

4 How is nitric oxide prepared in the laboratory? Describe with equations the reactions of nitric oxide with (*a*) oxygen (*b*) ferrous sulphate and (*c*) sulphur dioxide

৪। নাইট্রিক অক্সাইড কিভাবে পরীক্ষাগাবে প্রস্তুত কবা হয়? নাইট্রিক অক্সাইড (ক) অক্সিজেন (খ) ফেবাস সালফেট এবং (গ) সলফাব ডাই অক্সাইডেব সহিত কিভাবে ক্রিযা করিযা থাকে তাহা সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর।

5 Connect correctly the statements in Column I with the statements in Column II —

Column I	Column II
(a) By the action of concentrated nitric acid on copper	nitrogen is evolved
(b) Oxygen produces brown fumes with	is extinguished when placed in jar containing nitric oxide
(c) When Ammonium nitrate is heated	due to its reactions with nitric oxide
(d) Feebly burning sulphur	when shaken with carbon disulphide and ignited
(e) Nitric oxide burns with a blue flame when	nitrogen peroxide is evolved

৫। ১নং স্তম্ভেব উক্তিগুলিব সহিত বিশুদ্ধভাবে ২নং স্তম্ভের উক্তিগুলি সংযুক্ত কব —

১নং স্তম্ভ	২নং স্তম্ভ
(ক) কপারেব উপব ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডেব বিক্রিযাব ফলে	নাইট্রোজেন উৎপন্ন হ ।
(খ) অক্সিজেন বাদামী ধোযা উৎপন্ন করে	নাইট্রিক অক্সাইডেব ভিতব ধবিলে নিভিযা যায ।
(গ) অ্যামোনিযাম নাইট্রাইট উত্তপ্ত কবিলে	নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত বিক্রিযাব ফলে ।
(ঘ) সামান্যভাবে প্রজ্বলিত গন্ধক	কার্বন ডাই সালফাইডেব সহিত মিশাইযা ঝাকাইযা জ্বালিযা দিলে ।
(ঙ) নাইট্রিক অক্সাইড নীল আভাযুক্ত শিখাব সহিত জ্বলে ।	নাইট্রোজেন পাব অক্সাইড উৎপন্ন হয ।

অষ্টাদশ অধ্যায়

নাইট্রোজেন-চক্র (Nitrogen Cycle)

প্রকৃতিতে একটি সুনিয়ন্ত্রিত নাইট্রোজেন চক্রের অস্তিত্ব দেখিতে পাওয়া যায়। নাইট্রোজেন মৌল যথেষ্ট পরিমাণে বায়ুতে বর্তমান। আবার নাইট্রোজেন মৌল হইতে উৎপন্ন একটি যৌগ পদার্থ প্রাণী ও উদ্ভিদ দেহে বহু পরিমাণে দেখিতে পাওয়া যায় এই যৌগ পদার্থটি **প্রোটিন (Protein)** নামে অভিহিত হয়। বস্তুত এই প্রোটিন ব্যতীত প্রাণিজগতের অস্তিত্ব বা বৃদ্ধি মোটেই সম্ভব হয় না। প্রোটিন প্রাণী ও উদ্ভিদ দেহের একটি অপরিহার্য উপাদান। ইহা কার্বন হাইড্রোজেন অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের যৌগ। প্রাণীরা বাতাসের নাইট্রোজেনকে অথবা কোন নাইট্রোজেনের যৌগের নাইট্রোজেন দেহাভ্যন্তরে লইয়া সরাসরি প্রোটিনে পরিবর্তিত করিতে পারে না। এই প্রোটিন পাইতে প্রাণিগণকে উদ্ভিদের উপর নির্ভর করিতে হয়। মাংসাশী প্রাণীরা যে সমস্ত প্রাণীর দেহ ভক্ষণ করে তাহাদের মধ্যস্থিত প্রোটিন গ্রহণ করিয়া দেহ গঠন করে। উদ্ভিদেরা হয় উর্বরা ভূমিতে অবস্থিত দ্রাব্য নাইট্রেট হইতে নাইট্রোজেন আত্মসাৎ করিয়া প্রোটিনে রূপান্তরিত করে অথবা কতকগুলি উদ্ভিদ সরাসরি বায়ুস্থিত নাইট্রোজেন তাহাদের শিকড়ে অবস্থিত জীবাণু বা ব্যাক্টিরিয়া (Bacteria) দ্বারা তাহাদের গ্রহণযোগ্য নাইট্রোজেনের যৌগে পরিবর্তিত হইলে সেই যৌগ হইতে নাইট্রোজেন লইয়া প্রোটিন গঠন করে। নাইট্রোজেন অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয় মৌল। সেই কারণে বায়ুস্থিত নাইট্রোজেন যদিও শ্বাসপ্রশ্বাসের সহিত প্রাণীরা গ্রহণ করে তাহারা কিন্তু সরাসরি জীবদেহে অন্য মৌলের সহিত উহার মিলন ঘটাইয়া উহাকে নাইট্রোজেনের যৌগে পরিবর্তিত করিতে পারে না।

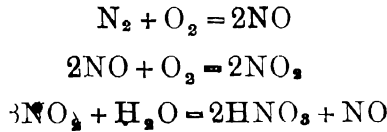
প্রকৃতিতে বায়ুস্থ নাইট্রোজেন হইতে যেভাবে উর্বরা জমিতে নাইট্রোজেনের দ্রাব্য যৌগ উৎপন্ন হয় তাহার বিবরণ নিম্নে দেওয়া হইল।

(ক) ঊর্ধ্বে অবস্থিত বায়ুর ভিতর দিয়া অহরহ উচ্চভোল্টে যে তড়িৎমোক্ষণ হইতেছে তাহা দ্বারা এবং সূর্যকিরণের রাসায়নিক ক্রিয়া দ্বারা সংঘটিত নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেনের অক্সাইড (নাইট্রিক অক্সাইড NO)

উৎপন্ন হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইড অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন পার অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। পরে বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত হইয়া উহা মাটিতে পড়ে এবং নাইট্রিক অ্যাসিড ভাবে আসিয়া মাটিতে অবস্থিত সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ঘটিত ক্ষারকের সহিত ক্রিয়া করিয়া নাইট্রেট উৎপন্ন করে। এই নাইট্রেট উদ্ভিদ তাহার শিকড় দিয়া গ্রহণ করে এবং তাহা হইতে তাহার দেহাভ্যন্তরে প্রোটিন উৎপাদন করে। প্রায় প্রতিদিন এইভাবে সমস্ত পৃথিবী ব্যাপিয়া গড়ে 250 000 টন বা (250 000 × 27 মণ) নাইট্রিক অ্যাসিড বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন এবং জলের হাইড্রোজেন হইতে উৎপন্ন হইয়া মাটিতে আসিয়া পড়ে।

$$N_2 + O_2 = 2NO$$

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$$

(খ) সিম জাতীয় উদ্ভিদের (Leguminosae plants যথা ছোলা মটর সিম প্রভৃতি) শিকড়ে একপ্রকার গুটি (nodules) থাকে। উক্ত গুটিতে একপ্রকার জীবাণু (bacteria) বাস করে। উক্ত জীবাণু উদ্ভিদগুলির নিকট হইতে তাহাদের খাদ্যবস্তু পায় এবং তাহার পরিবর্তে তাহারা বায়ুর নাইট্রোজেন হইতে উদ্ভিদের খাদ্যোপযোগী জৈব (Organic) পদার্থ উৎপাদন করিয়া উদ্ভিদগুলির খাদ্যের ব্যবস্থা করে। এইজন্য এই প্রকারের জীবাণুগুলিকে বন্ধুত্বসূত্রে আবদ্ধ (Sybiotic) জীবাণু বলে। অনেক সময় জমিতে নাইট্রোজেনঘটিত সার প্রয়োগের জন্য মটর কলাই বরবটি প্রভৃতির গাছ উৎপন্ন করিয়া ফল হওয়ার পর গাছগুলি কাটিয়া লইয়া শিকড়গুলিকে জমিতে রাখিয়া লাঙ্গল দিয়া জমি চষিয়া মাটির সহিত মিশাইয়া দেওয়া হয়। এইভাবে শিকড়ে অবস্থিত নাইট্রোজেন যোগ মাটিতে সারের কার্যে ব্যবহৃত হয়।

আবার প্রাণীদেহের মলমূত্রাদির সহিত বহির্গত নাইট্রোজেন যৌগের পচনে এবং জীবজন্তুর মৃতদেহের ও উদ্ভিদের পচনে প্রোটিনের বিশ্লেষণে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। এই অ্যামোনিয়া জমিতে অবস্থিত নাইট্রোসিফাই (nitrosifying) জীবাণু দ্বারা নাইট্রাস অ্যাসিড তথা নাইট্রাইটে (জমির ক্ষারের সহিত ক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন) প্রথমে রূপান্তরিত হয় এবং পরে নাইট্রিফাই (nitrifying) জীবাণুর

ক্রিয়া দ্বারা নাইট্রাইট নাইট্রেটে পরিণত হয়। সেই নাইট্রেটের কতকটা আবার উদ্ভিদেরা দেহসাৎ করে এবং কতকটা ডিনাইট্রিফাই (denitrifying) জীবাণু দ্বারা পুনরায় মুক্ত নাইট্রোজেনে পরিণত হইয়া বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া যায়।

এই স্বত নিয়ন্ত্রিত প্রাকৃতিক প্রক্রিয়াগুলির ফলে প্রকৃতিতে বায়ু হইতে নাইট্রোজেন মাটিতে, মাটি হইতে উদ্ভিদে, উদ্ভিদ হইতে প্রাণীতে উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহ হইতে পুনরায় মাটিতে এবং মাটি হইতে বায়ুতে ফিরিয়া আসে। এই স্বত নিয়ন্ত্রিত প্রক্রিয়াকে **নাইট্রোজেন চক্র** (Nitrogen Cycle) বলে। (৮২ পৃষ্ঠা দেখ)। এই সকল প্রক্রিয়া এরূপ সুসম্বদ্ধ যে বায়ুতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ সবসময়ে একই থাকে।

নাইট্রোজেন বন্ধন (Fixation of Nitrogen) বর্তমানে পৃথিবীতে সার হিসাবে ব্যবহার করিবার জন্য নাইট্রোজেন যৌগের চাহিদা অতিশয় বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়াছে। তাহার কারণ একদিকে বর্তমান সভ্যতার ফলস্বরূপ প্রাণীদের মলমূত্রাদি ধুইয়া সমুদ্রজলে ফেলিয়া দেওয়া হয় এবং পৃথিবীর লোকসংখ্যা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হওয়ায় জমি হইতে নিয়তই অধিক খাদ্যশস্য উৎপাদন করার ফলে প্রকৃতির নাইট্রোজেন চক্র আর জমিতে প্রয়োজনানুরূপ নাইট্রোজেন যৌগ সরবরাহ করিতে পারিতেছে না। সেইজন্য জমির উৎপাদনা শক্তি বৃদ্ধির জন্য কৃত্রিম উপায়ে উৎপাদিত নাইট্রোজেন যৌগ যথা অ্যামোনিয়াম সলফেট বা নাইট্রেট সার হিসাবে জমিতে দেওয়ার প্রয়োজন হইয়া পড়িয়াছে।

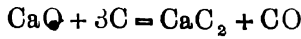
স্বাধীন জাতির স্বাধীনতা রক্ষার জন্য সমরোপকরণ বর্তমানযুগে বিশেষ প্রয়োজন। বিস্ফোরক পদার্থগুলিই প্রধান সমরোপকরণ এবং অধিকাংশ বিস্ফোরক পদার্থ নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করিয়া প্রস্তুত হয়। সেই কারণে নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন বৃদ্ধি করার প্রয়োজন হইয়াছে। পূর্বে খনিজ নাইট্রেট হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত হইত, কিন্তু খনিজ নাইট্রেটের পরিমাণ বর্তমান চাহিদা মিটাইবার পক্ষে সুপ্রচুর নয়। তাই বর্তমানে বায়ুর নাইট্রোজেন হইতে আবশ্যকীয় নাইট্রোজেন যৌগ উৎপাদন করা হইতেছে। এই সকল নাইট্রোজেন যৌগ উৎপাদনের পদ্ধতিগুলিকে **নাইট্রোজেন বন্ধন** নামে অভিহিত করা হয়।

বর্তমানে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের **হেবার পদ্ধতি** ও **সায়ানামাইড (cyanamide) পদ্ধতি** বিশেষভাবে প্রচলিত।

(ক) **হেবার পদ্ধতি** পূর্বে অ্যামোঁনিয়ার ভিতব ইহার বর্ণনা দেওয়া হইয়াছে। (পৃ ৩ দেখ)।

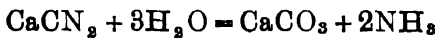
(খ) **অস্‌টওয়াল্ড পদ্ধতি** এই পদ্ধতিতে হেবার পদ্ধতি প্রয়োগে উৎপন্ন অ্যামোঁনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিডেব পণ্য উৎপাদন সম্পন্ন করা হয়। এই পদ্ধতিটিও নাইট্রিক অ্যাসিডেব ভিতর বর্ণিত হইয়াছে। (পৃ ৪৭ দেখ)।

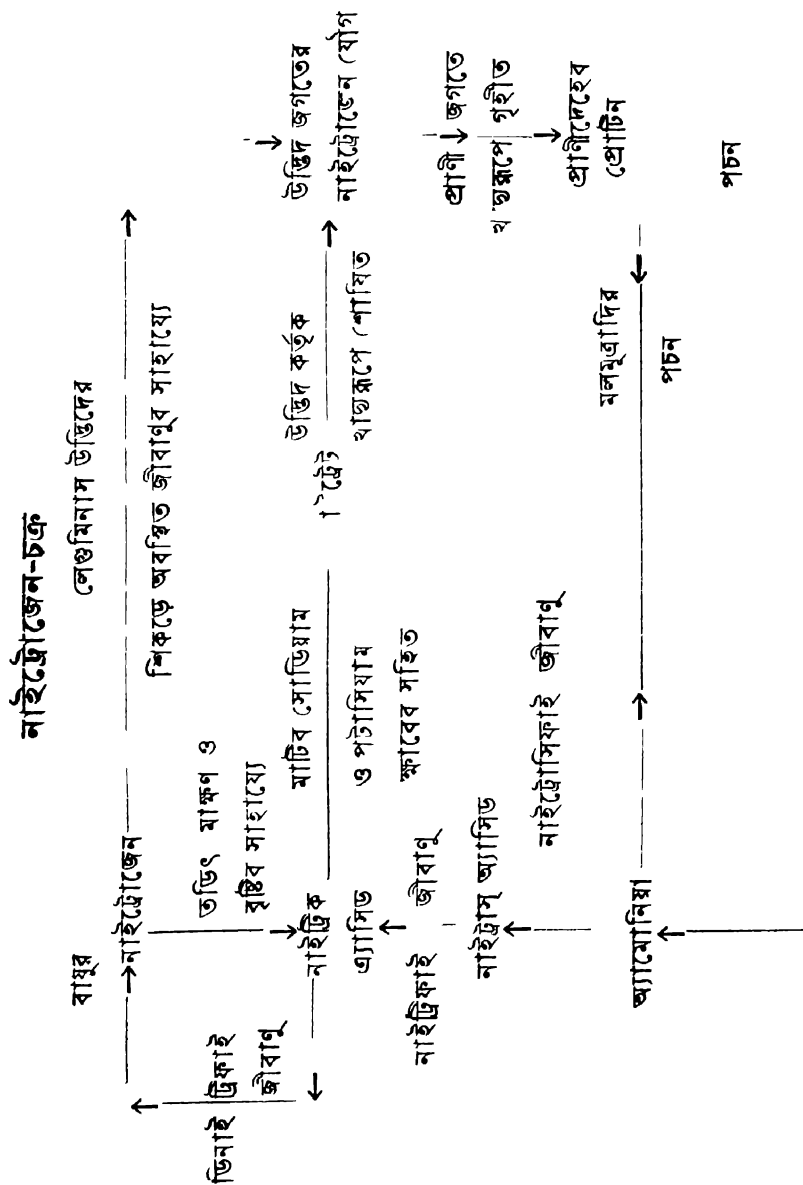
(গ) **সাযানামাইড পদ্ধতি** এই পদ্ধতিতে প্রথমে তড়িৎ চুল্লীতে (Electric Furnace) চুনাপাথব (Limestone) ও কোক কয়লা প্রচণ্ড উত্তাপে উত্তপ্ত করিয়া ক্যালসিয়াম কার্বাইড (Calcium Carbide CaC_2) উৎপন্ন করা হয়।

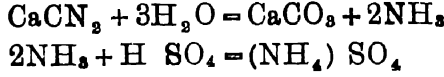
$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$
$$CaO + 3C = CaC_2 + CO$$

এই প্রকারে উৎপন্ন ক্যালসিযাম কার্বাইডকে গুড়া করিয়া তাহার সহিত শতকরা দশভাগ ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশাইযা একটি লৌহ নির্মিত ড্রামে (drum) লওয়া হয়। তাহাব ভিতব একটি কার্বনের দণ্ড দ্বাবা তড়িৎ প্রবাহ চালনা করিয়া উক্ত মিশ্রণকে 1100 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত কবা হয় এব বিশুদ্ধ শুষ্ক নাইট্রোজেন উহার উপব দিযা অতিক্রম কবান হয়। নাইট্রোজেন ক্যালসিয়াম কার্বাইড দ্বারা শাষিত হইয়া ক্যালসিয়াম সাযানামাইড উৎপন্ন কবে

$$CaC + N = CaCN_2 + C$$

কার্বন গ্র্যাফাইট ভাবে মুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম সায়ানামাইডেব সহিত মিশিয়া থাকে। এই ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড ও গ্র্যাফাইটেব মিশ্রণ বাজারে নাইট্রোলিম বা নাইট্রোলাইম (Nitrolim or Nitrolime) নামে সাব হিসাবে বিক্রয় হয়। জমিতে প্রযোগ করিলে জমিস্থিত জলেব সহিত বিক্রিযার ফলে ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড হইতে অ্যামোনিয়া উৎপাদিত হয়।

$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

এই অ্যামোনিয়া জমিতে অবস্থিত নাইট্রোসিফাই ও নাইট্রিফাই জীবাণুর ক্রমিক বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রেটে রূপান্তরিত হয় এব, তখন উদ্ভিদের খাদ্যহিসাবে কার্য করে।

সকল প্রক্রিয়া এরূপ সুসম্বদ্ধ যে বায়ুতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ সর্বসময়ে একই থাকে।

সময় সময় ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড হইতে অটোক্লেভে (Autoclave) উচ্চ চাপে স্টীমের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা হয়। সেই অ্যামোনিয়া হইতে অ্যামোনিয়াম সলফেট প্রস্তুত করিয়া জমিতে সার হিসাবে দেওয়া হয়।

$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$
$$2NH_3 + H\ SO_4 = (NH_4)\ SO_4$$

Questions

1 Write what you know about the Nitrogen Cycle in nature

১। প্রকৃতিতে বর্তমান নাইট্রোজেন চক্র সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

2 What do you understand by Fixation of nitrogen ? Describe the different methods employed for fixation of nitrogen

২। নাইট্রোজেন বন্ধন বলিতে কি বুঝায় ? নাইট্রোজেন বন্ধনের বিভিন্ন পদ্ধতিগুলি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

ঊনবিংশ অধ্যায়

(ক) ফস্‌ফোরাস (Phosphorus)

সঙ্কেত—P আণবিক সঙ্কেত—P_4 পারমাণবিক ওজন—31 গলনাঙ্ক—44 1 ^C স্ফুটনাঙ্ক—280 5 C

ফস্‌ফোরাস আবিষ্কারের কাহিনী —পরশ পাথরেব সন্ধানে রত থাকা কালীন অ্যালকেমিস্ট ব্র্যাণ্ড 1674 খৃষ্টাব্দে প্রথম ফস্‌ফোরাস আবিষ্কার কবেন। তিনি মূত্রেব জলীয় অ শ প্রথমে তাপপ্রয়োগে বাষ্পীভূত করিষা তাড়াইয়া অবশিষ্ট কঠিন অ শেব সহিত বালি এব সম্ভবত কয়লার গুড়া মিশাইয়া পাতনক্রিয়া সম্পাদন করিয়া ফস্‌ফোবাস প্রাপ্ত হন। ফস্‌ফোবাস নাম দেওয়াব কাবণ এই যে, ইহা স্বত ই আলোক বিকিরণ কবে অ্যালকেমিস্ট ব্র্যাণ্ড ফস্‌ফোবাস তৈয়ারীর প্রণালীটিব বহস্য ক্র্যাফ টকে বিক্রয় করেন এব ক্র্যাফ ট ফস্‌ফোবাস তৈয়ারী করিয়া ই লণ্ডের রাজা দ্বিতীয় চার্লসেব রাজসভায় দেখান। সেখানে বিজ্ঞানী বয়েল ইহা দেখেন এব তিনি নিজেব চেষ্টায় ইহা প্রস্তুত কবিতে সমর্থ হন। পরে 1680 খৃষ্টাব্দে বয়েল অধিক পবিমাণে ফস্‌ফোবাস উৎপাদনে সমর্থ হন এব সমস্ত বৈজ্ঞানিক জগতে তিনি ইহাব প্রস্তুত প্রণালী প্রকাশ করিয়া দেন।

তখন মূত্রই ছিল একমাত্র বস্তু যাহা হইতে ফস্‌ফোরাস তৈয়াবী করা সম্ভব ছিল। কিন্তু 1771 খৃষ্টাব্দে গ্যান (Gahn) প্রমাণ কবেন যে জীবদেহের অস্থিতে ফস্‌ফোরাস বিদ্যমান। শিলে (Scheele) অস্থিচূর্ণ হইতে ফস্‌ফোরাস তৈয়ারীর পদ্ধতি প্রথমে 1777 খৃষ্টাব্দে উদ্ভাবন করেন। সেই বৎসরেই ল্যাভয়সিয়ার ইহার মৌলত্ব প্রমাণিত করেন। ফস্‌ফোরাসেব আলোককে বলা হয় **অনুপ্রভা** বা ফস্‌ফোরেসেন্স (Phosphorescence)। ফস্‌ফোরাস নামকরণ হইয়াছে ইহার স্বত ই আলোক বিকিরণক্ষমতা হইতে (*Phos*—আলো *phero*—আমি ধারণ করি)।

নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস একই প্রকার রসায়নধর্মী :—পর্যায় সারণীতে নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস একই পরিবারের সভ্য হিসাবে পঞ্চম গ্রুপে (Group V) স্থাপিত হইয়াছে। ইহাদের রাসায়নিক ধর্ম নিম্নলিখিত প্রকার —

(ক) নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস দুইটি মৌলই অধাতু। সাধারণ উত্তাপে নাইট্রোজেন গ্যাসীয় মৌল, কিন্তু ফস্‌ফোরাস কঠিন মৌল। নাইট্রোজেন মৌলকে

প্রকৃতিতে অযুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়, কিন্তু ফস্‌ফোরাসকে মৌল অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না, সর্বদাই ইহার যৌগ প্রকৃতিতে বিদ্যমান থাকে।

(খ) নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোবাস উভযেই কখনও ত্রিযোজী এব কখনও পঞ্চযোজী। হাইড্রোজেনের সহিত নাইট্রোজেনের মুখ্য যৌগ অ্যামোনিয়া NH_3 এবং ফস্‌ফোরাসের মুখ্য যৌগ ফস্‌ফিন PH_3। ইহারা উভয়েই গ্যাসীয় এব ইহাদেব বাসাযনিক ধর্মে অনেকটা মিল দেখা যায়। অক্সিজেনের সহিত অন্তত দুইটি করিয়া অক্সাইড ইহাদের একই প্রকার সঙ্কেতবিশিষ্ট এব একই প্রকার রাসাযনিক ধর্মবিশিষ্ট হয়, যথা—

নাইট্রোজেন ট্রাই অক্সাইড N_2O_3 ফস্‌ফোরাস ট্রাই অক্সাইড P_2O_3

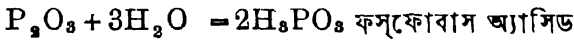
নাইট্রোজেন পেণ্ট অক্সাইড, N_2O_5 ফস্‌ফোবাস পেণ্ট অক্সাইড P_2O_5

এই অক্সাইডগুলি অ্যাসিড ধর্মী এব জলেব সহিত বিক্রিযার ফলে ইহারা সকলেই অ্যাসিড উৎপাদন করে।*

$N_2O_3 + H\ O \ = 2HNO_2$ নাইট্রাস অ্যাসিড

$P_2O_3 + 3H_2O \ = 2H_3PO_3$ ফস্‌ফোবাস অ্যাসিড

$N_2O_5 + H\ O \ = 2HNO_3$ নাইট্রিক অ্যাসিড

$P_2O_5 + 3H_2O \ = 2H_3PO_4$ ফস্‌ফোবিক অ্যাসিড

(গ) নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস উভয় মৌলই বহুরূপতা (allotropy) দেখাইয়া থাকে। নাইট্রোজেনকে সাধাবণ নিষ্ক্রিয় মৌল এব কোনও বিশেষ অবস্থায় সক্রিয় মৌল এই দুই রূপে দেখিতে পাওয়া যায়। ফস্‌ফোবাস সাধারণত সক্রিয় সাদা ও নিষ্ক্রিয় লাল মৌলরূপে পাওয়া যায়।

(ঘ) নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোবাস ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হইয়া নিম্নলিখিত প্রকার ক্লোরাইড উৎপন্ন করে —

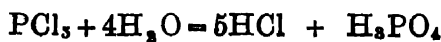
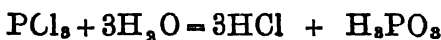
NCl_3 নাইট্রোজেন ট্রাই ক্লোরাইড PCl_3 ফস্‌ফোরাস ট্রাই ক্লোবাইড

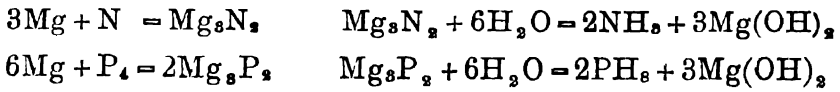
PCl_5 ফস্‌ফোরাস পেণ্টা ক্লোরাইড

এই ক্লোরাইডগুলি জল দ্বারা সহজেই বিশ্লিষ্ট হয়।

$NCl_3 + 3H_2O = NH_3 \ + \ 3HClO$

$PCl_3 + 3H_2O = 3HCl \ + \ H_3PO_3$

$PCl_5 + 4H_2O = 5HCl \ + \ H_3PO_4$

(ঙ) উচ্চ উষ্ণতায় নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস এই দুই মৌলই ক্যালসিয়াম ম্যাগনেসিয়ম প্রভৃতি ধাতুর সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রাইড ও ফস্‌ফাইড উৎপন্ন করে। নাইট্রাইড ও ফস্‌ফাইড জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়া ও ফস্‌ফিন উৎপাদন করে।

$$3Mg + N_2 = Mg_3N_2 \qquad Mg_3N_2 + 6H_2O = 2NH_3 + 3Mg(OH)_2$$
$$6Mg + P_4 = 2Mg_3P_2 \qquad Mg_3P_2 + 6H_2O = 2PH_3 + 3Mg(OH)_2$$

উপরের আলোচনা হইতে বেশ বুঝা যায় যে নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফোরাস এই উভয় মৌলের রাসায়নিক গুণাবলী সমপর্যায়ভুক্ত।

অবস্থান —প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় ফস্‌ফোরাস মৌল মোটেই পাওয়া যায় না। প্রকৃতিতে উহার যে বিভিন্ন যৌগ পাওয়া যায় তাহাদের অনেকগুলিতেই ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট বিদ্যমান থাকে। ফস্‌ফোরাস ঘটিত খনিজ পদার্থগুলি যথাক্রমে

(১) ফস্‌ফোরাইট (Phosphorite) $Ca_3(PO_4)_2$

(২) ক্লোর অ্যাপাটাইট (Chlor apatite) $3Ca_3(PO_4)_2$ $CaCl_2$

(৩) ফ্লুওর অ্যাপাটাইট (Fluor apatite) $3Ca_3(PO_4)_2$, CaF_2

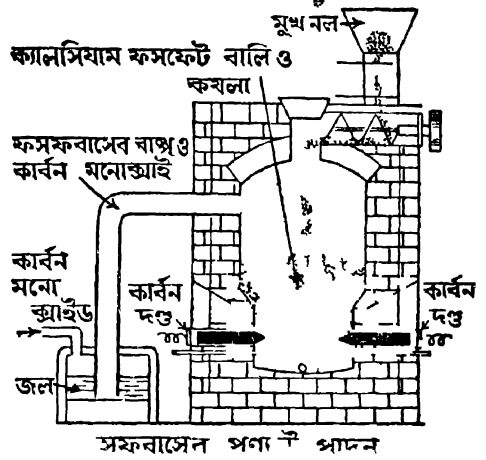
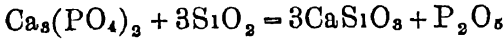
(৪) ভিভিয়েনাইট (Vivianite) $Fe_3(PO_4)_2$ $8H_2O$

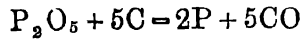
সমস্ত উর্বরা জমিতে ফস্‌ফোরাসের যৌগ বিদ্যমান থাকে। উদ্ভিদেরা জমি হইতে ফস্‌ফোরাস ঘটিত যৌগ গ্রহণ করে এবং সমস্ত খাদ্যশস্যেই বিশেষত গমে যথেষ্ট ফস্‌ফোরাস যৌগ পাওয়া যায়। উদ্ভিদ হইতে ফস্‌ফোরাস যৌগসমূহ প্রাণি জগতে আসিয়া থাকে এবং সেখানে মূত্রে ডিমের হলুদ অংশে হাড়ে এবং মজ্জায় ও মস্তিষ্কে ফস্‌ফোরাস ঘটিত যৌগ হিসাবে সঞ্চিত হয়। হাড়ের ভিতর শতকরা প্রায় 60 ভাগ ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট থাকে।

খনিজ ফস্‌ফেট হইতে ফস্‌ফোরাস প্রস্তুতি আধুনিক তড়িৎপদ্ধতি (Modern Electrical Process) —ফস্‌ফেট ঘটিত খনিজ পাথরের টুকরার সহিত বালি ও কোক কয়লা মিশান হয় এবং এই মিশ্রণকে মুখনলের ভিতর দিয়া একটি তড়িৎচুল্লীতে ঢালিয়া দেওয়া হয়। সেখানে মুখনলের নিম্নে অবস্থিত একটি স্ক্রু চালকের (Screw conveyer) সাহায্যে এই মিশ্রণকে একটি অগ্নিসহ ইষ্টক

দ্বারা (fire brick) নির্মিত বদ্ধচুল্লীতে (furnace) ফেলা হয়। চুল্লীটির নীচের দিকে কার্বনের মোটা দণ্ডের দুইটি তড়িদ্দ্বার থাকে। এই কার্বন তড়িৎদ্বারদ্বয়ের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ যাইতে দিলে মিশ্রণের মধ্যে একটি তড়িৎশিখা (electric arc) উৎপন্ন হয়। ইহাতে মিশ্রণটি অতিশয় উত্তপ্ত হয় এব নিম্নলিখিত রূপ বিক্রিযার ফলে ফস্‌ফোরাসের বাষ্পচুল্লীর ভিতর উৎপন্ন হয়।

চিত্র ন 17

প্রথমত 1200 – 1500 সেন্টিগ্রেড উত্তাপে ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট ও বালির (Silica SiO_2) বিক্রিয়ার দ্বারা ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ফস্‌ফোরাস পেণ্ট অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + P_2O_5$$

পরবর্তী পর্যায়ে ফস্‌ফোরাস পেণ্ট অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া ফস্‌ফোরাস মৌল উৎপাদন করে এব কার্বন মনোক্সাইড গঠিত হয়।

$$P_2O_5 + 5C = 2P + 5CO$$

চুল্লীর ভিতরের উষ্ণতায় ফস্‌ফোরাস মৌল বাষ্পাকারে বহির্গত হয় এব ইহা কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসের সহিত মিশিয়া থাকে। এই মিশ্রিত বাষ্প চুল্লীর উপরের দিকে অবস্থিত একটি নির্গমন নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। এই বাষ্পকে চুল্লীর পাশে অবস্থিত জলাধারের জলের ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয়। ফস্‌ফোরাস কঠিনরূপে জলের নীচে সঞ্চিত হয় এব কার্বন মনোক্সাইড জলে অদ্রাব্য বলিয়া গ্যাসীয় অবস্থায় বাহির হইয়া যায়।

চুল্লীর ভিতর যে ক্যালসিযাম সিলিকেট উৎপন্ন হয় তাহা চুল্লীর উত্তাপে গলিয়া যায় এব অন্যান্য অশুদ্ধির সহিত একটি ধাতুমলের (slag) সৃষ্টি করে। ইহা চুল্লীর নীচে সঞ্চিত হয় এব প্রয়োজনমত চুল্লীর তলায় অবস্থিত সরু নির্গমনপথে (ছবিতে দেখান হয় নাই) বাহির করা হয়।

ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট হইতে যে ফস্‌ফোরাস এই উপায়ে পাওয়া যায় তাহা প্রধানত সাদা ফস্‌ফোরাস।

দৃষ্টান্ত —এই পদ্ধতিতে তড়িৎপ্রবাহ প্রয়োগে কেবল উত্তাপের সৃষ্টি করা হয়। ইহাতে তড়িৎ বিশ্লেষণ (electr lys s) সংঘটিত হয় না। ভারতে প্রচুর পরিমাণে ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট পাওয়া যায় কিন্তু সস্তায় তড়িৎশক্তি পাওয়া যায় না বলিয়া ভারতে ফসফোরাস নিষ্কাশনের কোন ব্যবস্থা এখনও হয় নাই।

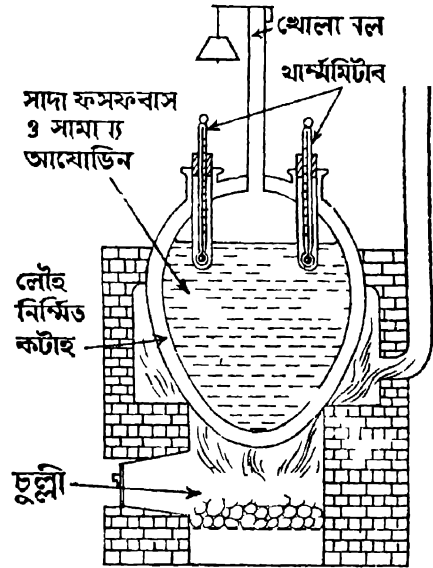
ফসফোরাসের বিশুদ্ধীকরণ উপরে লিখিত উপায়ে যে ফস্‌ফোরাস পাওয়া যায় তাহাতে অনেকপ্রকার অশুদ্ধি থাকে। ইহাকে পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ করিতে হইলে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) ও সলফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণের নীচে উক্ত ফস্‌ফোরাস রাখিয়া উত্তাপ দ্বারা গলান হয়। পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও সলফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে ডাইক্রোমিক অ্যাসিড ($H_2Cr_2O_7$) উৎপন্ন হয় এবং উক্ত ডাইক্রোমিক অ্যাসিড ফস্‌ফোরাসের সহিত মিশ্রিত অশুদ্ধিগুলিকে জারিত করিয়া অপসারিত করে। পরে উক্ত গলিত ফস্‌ফোরাসকে শ্যাময় চামড়ার (Chamois leather) সাহায্যে চাপ দিয়া ছাঁকিয়া ছোট ছোট যষ্টির (sticks) আকারে ঢালাই করা হয়। তাহার পর ফস্‌ফোরাসের যষ্টিগুলি পাত্রে অবস্থিত জলের তলায় রাখা হয়।

এই পদ্ধতিতে ফস্‌ফোরাসের বিশুদ্ধীকরণ একমাত্র পরীক্ষাগারেই সম্ভব, কারণ ইহাতে অনেক খরচ পড়ে। ফস্‌ফোরাসের পণ্য উৎপাদন সময়ে যে পদ্ধতিতে ইহাকে বিশুদ্ধ করা হয় তাহা প্রকাশ করা হয় নাই।

ফস্‌ফোরাসের বহুরূপতা (Allotropic modifications) পূর্বেই বলা হইয়াছে যে তড়িৎপদ্ধতিতে উৎপন্ন ফস্‌ফোরাসকে শ্বেত বা সাদা ফস্‌ফোরাস (White Phosphorus) বলে। কিন্তু ফস্‌ফোরাসকে বহুরূপে দেখিতে পাওয়া যায়। তাহার মধ্যে **শ্বেত ও লোহিত** (Red) ফস্‌ফোরাস বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। এই দুই প্রকার ফস্‌ফোরাস কেবলমাত্র যে ভৌতধর্মে সম্পূর্ণভাবে পার্থক্যবিশিষ্ট তাহা নহে অনেকগুলি রাসায়নিক ধর্মেও তাহাদের পার্থক্য দেখা যায়।

লোহিত ফস্‌ফোরাসের প্রস্তুতি লোহিত ফস্‌ফোরাস প্রস্তুতে সর্বদাই শ্বেত ফস্‌ফোরাস ব্যবহৃত হয়। শ্বেত ফস্‌ফোরাস বায়ুতে জ্বালাইলে ইহার কতকটা পুড়িয়া যায় এবং কতকটা লোহিত ফস্‌ফোরাসে পরিবর্তিত হয়। তবে

সাধারণত একটি আবদ্ধ লৌহ পাত্রে নাইট্রোজেন বা কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে শ্বেত ফস্‌ফোরাস রাখিয়া 240 —250 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া লোহিত ফস্‌ফোরাসের পণ্য উৎপাদন নিষ্পন্ন করা হয়।

একটি ঢালাই লোহার কড়াইএ প্রায় 1 টন শ্বেত ফস্‌ফোরাস লইয়া তাহার সহিত একটু আয়োডিন মেশান হয়। আয়োডিনের সংস্পর্শে শ্বেত ফস্‌ফোরাসের পরিবর্তন সহজসাধ্য হয় এবং কিছু কম উষ্ণতায় পরিবর্তনটি সংঘটিত হয়। কড়াইএর মুখটি বায়ুনিরোধক ঢাকনা দিয়া বন্ধ করা থাকে। উক্ত ঢাকনার মধ্যস্থল দিয়া একটি সোজা দুই মুখখোলা লোহার নল উপর দিকে উঠিয়া গিয়াছে। এই নলের সাহায্যে পাত্রের মধ্যে গ্যাসের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান করিয়া রাখা হয়। লৌহপাত্রের উপরের দিকে লৌহের দুইটি নিম্ন দিক বন্ধ নলের ভিতর ছবিতে দেখান মত দুইটি থার্মোমিটার লাগান হয়। সেই দুইটি থার্মোমিটারের সাহায্যে লৌহপাত্রের

লাল ফসফরাস উৎপাদন পদ্ধতি

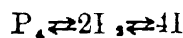
চিত্র নং 18

ভিতরের উষ্ণতা যাহাতে 250 সেন্টিগ্রেডের উপরে না উঠে তাহা দেখা হয়। থার্মোমিটার দুইটিকে লোহার নলের ভিতর রাখার কারণ এই যে ফস্‌ফোরাসের বাষ্প কাচের সহিত বিক্রিয়া করিয়া থাকে। শ্বেত ফস্‌ফোরাসের পরিবর্তনের সময় অনেক তাপ উদ্ভূত হয় এবং 250 সেন্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় লোহিত ফস্‌ফোরাস আবার শ্বেত ফস্‌ফোরাসে পরিবর্তিত হইয়া যায়। সেই কারণেই থার্মোমিটারের সাহায্যে উষ্ণতার পরিমাপ ঠিক রাখা হয়। উত্তাপ দিলে পাত্রের মধ্যস্থিত বায়ুর অক্সিজেনের দ্বারা সামান্য শ্বেত ফস্‌ফোরাস জারিত হয়। অবশিষ্ট সামান্য শ্বেত ফস্‌ফোরাস লোহিত ফস্‌ফোরাসের সহিত মিশিয়া থাকিয়া যায়। সেই কারণে বিক্রিয়া শেষে লৌহপাত্র হইতে মিশ্রণটিকে ঢালিয়া ফেলিয়া চূর্ণকে গাঢ় কস্টিক সোডার দ্রবণের সহিত ফুটান হয়। ইহাতে লোহিত ফস্‌ফোরাসের কোন পরিবর্তন

হয় না কিন্তু শ্বেতফস্‌ফোরাস ফস্‌ফিন ও সোডিয়াম হাইপোফস্‌ফাইটে (Sodium hypophosphite NaH_2PO_2) পরিণত হইয়া অপসারিত হয়। পরে লোহিত ফস্‌ফোরাসকে জলে ধুইয়া বায়ুতে শুকাইয়া লওয়া হয়। লোহিত ফস্‌ফোরাস বায়ুতে অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় না।

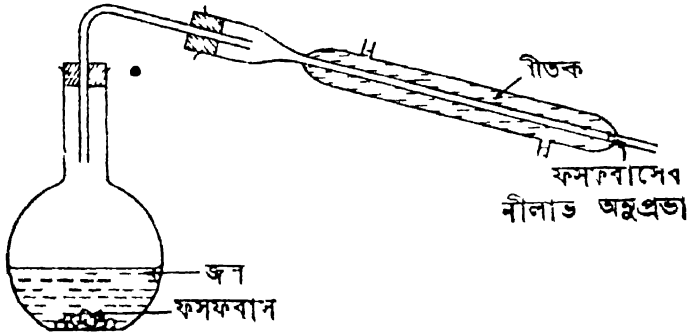
ফসফোরাসের ধর্ম শ্বেত ফস্‌ফোরাসের ধর্ম

(1) শ্বেত ফস্‌ফোরাস শ্বেত বা হরিদ্রাভ স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ। (2) ইহা ঈষদ্ স্বচ্ছ এবং মোমের মত নরম এবং জলের নীচে ইহাকে ছুরি দিয়া কাটা যায়। (3) ইহার গলনাঙ্ক 44° সেন্টিগ্রেড এবং স্ফুটনাঙ্ক 289° সেন্টিগ্রেড। (4) ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.81। (5) ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু ইহা বেনজিন (Benzene) টার্পিন তৈল (Turpentine) কার্বন ডাই সালফাইড (CS_2) এবং ইথারে (Ether) দ্রবীভূত হয়। (6) ইহা খুব বিষাক্ত পদার্থ। মৃত্যু ঘটাইতে ইহার 0.25 গ্রাম যথেষ্ট। সেই কারণে ইহা লইয়া কাজ করিবার সময় ইহাকে হাত দিয়া ধরা মোটেই উচিত নয় এবং চিমটার সাহায্যে ইহা স্থানান্তরিত করা হয়। ইহার বাষ্পে মাটির রোগ সৃষ্টি করে। (7) ইহা স্টীমের সহিত বাষ্পাকারে উড়িয়া যায়। (8) কম উষ্ণতায় ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করিয়া দেখা যায় যে ইহার অণুতে চারিটি পরমাণু বর্তমান এবং তখন ইহার আণবিক সংকেত P_4। কিন্তু উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইহার অণু ভাঙ্গিয়া গিয়া পরমাণুতে পরিণত হয়।

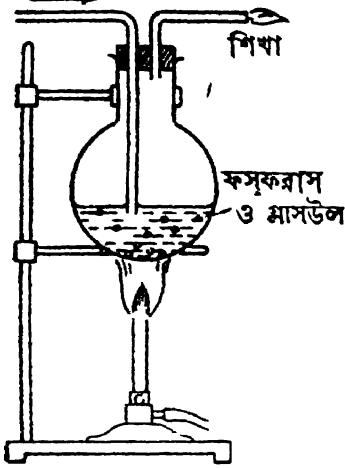
$$P_4 \rightleftharpoons 2P_2 \rightleftharpoons 4P$$

(9) ইহার অক্সিজেনের উপর প্রবল আসক্তি (affinity) আছে। সাধারণ উষ্ণতায় অক্সিজেন এবং এমন কি বাতাসের সংস্পর্শে আসিলেই ইহা ধীরে ধীরে জারিত হয়। 30° সেন্টিগ্রেডের উপর উষ্ণতায় অক্সিজেন দ্বারা শ্বেত ফস্‌ফোরাস জারিত হইবার সময় ইহা জ্বলিয়া উঠে এবং একটি সবুজ শিখা দেখা যায়। এই সময় ফস্‌ফোরাসের বিভিন্ন অক্সাইড (প্রধানতঃ পেণ্ট অক্সাইড P_2O_5) উৎপন্ন হয়। এই সবুজ আলোকশিখায় কোন উত্তাপ থাকে না এবং ইহাকে ঠাণ্ডা শিখা (cold flame) বলে। অন্য বস্তুর সহিত অল্প পরিমাণে শ্বেত ফস্‌ফোরাস মিশ্রিত থাকিলেও (লক্ষ ভাগে একভাগ) এই আভা হইতে ফস্‌ফোরাসের উপস্থিতি জানিতে পারা যায়। ইহাকেই ফস্‌ফোরাসের অনুপ্রভা

(phosphorescence বা glow) বলে। *বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, (ক) শুষ্ক অক্সিজেনে ফস্‌ফোরাসের অনুপ্রভা স ঘটিত হয় না (খ) বায়ুর চাপ কমিলে অনুপ্রভার উজ্জ্বলতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় এব (গ) তার্পিন তৈল অ্যালকোহল, কার্বন ডাই সালফাইড কর্পূর প্রভৃতির বাষ্প অনুপ্রভা নিবারিত করে। ফস্‌ফোরাসের এই স্বত জারণের সময় অনেকের মতে ওজোন (Ozone) উৎপন্ন হয়, কারণ যে সমস্ত দ্রব্য ওজোন শোষিত করে সেই সমস্ত দ্রব্যই অনুপ্রভা নিবারিত করে।

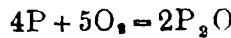
নিম্নলিখিত দুই ভাবে অনুপ্রভার পরীক্ষা দেখান যাইতে পারে (i) অন্ধকার ঘরে একটি কাচের ফ্লাস্কে কিছু জল লইয়া তাহাতে কয়েক টুকরা শ্বেত ফস্‌ফোরাস

চিত্র নং 19

ছাড়িয়া দেওয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখে একটি কর্ক লাগাইয়া তাহার ভিতর দিয়া একটি বাঁকানো কাচের নল লাগান হয়। সেই কাচের নলের সহিত একটি লিবিগ শীতক (Liebig s condenser) যোগ করিয়া দেওয়া হয়। শীতকের বাহিরের আবরণের ভিতর দিয়া ঠাণ্ডা জলের প্রবাহ চালনা করা হয়। তাহার পর ফ্লাস্কের জলকে ফোটান হয়। স্টীমের সহিত ফস্‌ফোরাসের বাষ্প বাহির হইয়া আসে। সেই বাষ্প শীতকের ভিতর যেখানে ঘনীভূত হয় সেইখানে ফস্‌ফোরাসের সবুজ অনুপ্রভা দেখা যায়। (ii) অন্ধকার ঘরে একটি বড় কাচের ফ্লাস্কে কয়েক টুকরা শ্বেত ফস্‌ফোরাস রাখিয়া কাচের উল (glass wool) দিয়া বেশ করিয়া ঢাকিয়া দেওয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখে একটি ছিপি লাগাইয়া ছিপির মধ্য দিয়া দুইটি কাচের নল লাগান হয়। তাহার মধ্যে একটি নল ছোট এবং অপরটি

লম্বা। নল দুইটি সহ ছিপিটি এরূপভাবে লাগান হয় যে, লম্বা নলটি কাচের

চিত্র নং 20

উলের ভিতর প্রবেশ করিয়া থাকে। লম্বা নলটির খোলা মুখ কোল গ্যাসের নলের সহিত যুক্ত করিয়া ফ্লাস্কের ভিতর দিয়া কোল গ্যাস চালনা করিয়া ভিতরের বায়ু অপসারিত করা হয় (ছবিতে দেখান হয় নাই)। তাহার পর ফ্লাস্কটিকে একটি জলগাহের উপর বসাইয়া উত্তপ্ত করা হয়। তখন দেখা যায় যে ছোট কাচ নলের মুখে একটি সবুজ শিখা জ্বলিয়া উঠিয়াছে। এই শিখায় দিয়াশলাইএর কাঠি ধরিলে জ্বলিয়া উঠে না এবং আঙ্গুল দিলে তাহা পোড়ে না। ইহাই **শীতল শিখা**।

(10) শ্বেত ফস্‌ফারাস বাতাসে উত্তপ্ত করিলে ফস্‌ফোরাসে আগুন ধরিয়া যায় এবং সাদা শিখার সহিত ইহা জ্বলিতে থাকে এবং ফসফোরাস পেণ্ট অক্সাইডের ধূম নির্গত হইতে থাকে।

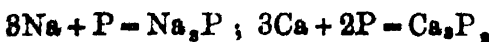
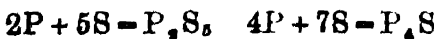
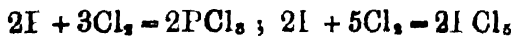
$$4P + 5O_2 = 2P_2O$$

(11) শ্বেত ফস্‌ফোরাস সাধারণ উষ্ণতায় হ্যালোজেন (ফ্লুয়োরিণ ক্লোরিণ, ব্রোমিন ও আয়োডিনকে হ্যালোজেন মৌল বলে) সলফার ও সোডিয়াম, পটাশিয়াম ও ক্যালসিয়াম ধাতুর সহিত রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হয়। এই সংযোগের ফলে ফসফোরাসের হ্যালাইড ও সলফাইড আর ধাতব ফসফাইড উৎপন্ন হয়। এই সকল বিক্রিয়া সংঘটিত হইবার সময় প্রায়ই ফসফোরাস জ্বলিয়া উঠে এবং আলোক ও তাপ উদ্ভূত হয়।

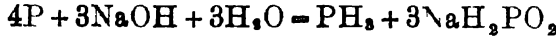
$$2I + 3Cl_2 = 2PCl_3 ;\ 2I + 5Cl_2 = 2I\ Cl_5$$

$$2P + 3Br_2 = 2PBr_3 \quad 2I + 5Br_2 = 2I\ Br_5$$

$$2P + 3I_2 = 2I\ I_3$$

$$2P + 5S = P_2S_5 \quad 4P + 7S = P_4S$$

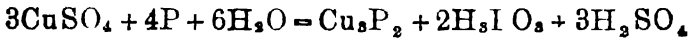
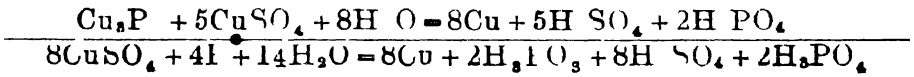
$$3Na + P = Na_3P ;\ 3Ca + 2P = Ca_3P_2$$

(12) কস্টিক সোডা কস্টিক পটাস বেরিয়াম হাইড্রোক্সাইড প্রভৃতি তীক্ষ্ণ ক্ষারের দ্রবণের সহিত শ্বেত ফস্‌ফোরাস ফুটাইলে ফস্‌ফিন (Phosphine, PH_3) গ্যাস ও হাইপোফস্‌ফাইট লবণ উৎপন্ন হয়।

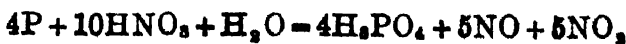
$$4P + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2$$

(13) শ্বেত ফস্‌ফোরাস বিজারক হিসাবেও ক্রিয়া করিয়া থাকে। কপার সিলভার ও গোল্ডের লবণের দ্রবণে শ্বেত ফস্‌ফোরাস যোগ করিলে ঐ সমস্ত লবণ বিজারিত হইয়া ধাতু অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$3CuSO_4 + 4P + 6H_2O = Cu_3P_2 + 2H_3PO_3 + 3H_2SO_4$$

(সাধারণ উত্তাপে)

$$Cu_3P_2 + 5CuSO_4 + 8H_2O = 8Cu + 5H_2SO_4 + 2H_3PO_4$$

$$8CuSO_4 + 4P + 14H_2O = 8Cu + 2H_3PO_3 + 8H_2SO_4 + 2H_3PO_4$$

লোহিত ফস্‌ফোরাসের ধর্ম (1) লোহিত ফস্‌ফোরাস একটি লাল রং এর অনিয়তাকার (amorphous) কঠিন পদার্থ। (2) খুব সম্ভবত ইহা বিভিন্ন প্রকারের ফস্‌ফোরাস যৌগের মিশ্রণ কারণ ইহার কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নাই তবে 590 সেন্টিগ্রেডের উপর ইহা নরম হইতে থাকে। (৩) ইহা শ্বেত ফস্‌ফোরাস অপেক্ষা ভারী ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2.2। (4) ইহা জলে এবং অন্যান্য জৈব দ্রাবকেও (যথা কার্বন ডাই সলফাইড অ্যালকোহল প্রভৃতি) অদ্রবণীয়। (5) ইহার কোন স্বাদ নাই এবং শ্বেত ফস্‌ফোরাসের মত ইহা বিষাক্ত নয়। (6) বায়ুতে রাখিলে লোহিত ফস্‌ফোরাস সাধারণ উষ্ণতায় জারিত হয় না। সেই কারণে ইহাকে জলের ভিতর ডুবাইয়া রাখার প্রয়োজন হয় না। (7) 250° সেন্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় ইহা অক্সিজেন বা বায়ুতে জ্বলিয়া উঠে এবং ফস্‌ফোরাস পেন্ট অক্সাইড উৎপন্ন করে। (8) হ্যালোজেনের সহিত লোহিত ফস্‌ফোরাস সহজেই যুক্ত হয় কিন্তু সলফারের সহিত উত্তপ্ত না করিলে ইহা ক্রিয়া করে না। (9) তীক্ষ্ণক্ষারের [যথা—NaOH, KOH, $Ba(OH)_2$] গাঢ় দ্রবণের সহিত ফুটাইলেও ইহার কোন বিক্রিয়া হয় না। (10) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ফুটাইলে লোহিত ফস্‌ফোরাস জারিত হইয়া ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

এই বিক্রিয়াটি শ্বেত ফস্‌ফোরাসের সহিতও স ঘটিত হয় কিন্তু সেস্থলে বিস্ফোরণ স ঘটিত হওয়ার ভয় আছে। তাই লোহিত ফস্‌ফোরাস হইতে এই বিক্রিয়া দ্বারা ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

শ্বেত ফস্‌ফোরাস হইতে লোহিত ফস্‌ফোরাস এবং লোহিত ফস্‌ফোবাস হইতে শ্বেত ফস্‌ফোরাস উৎপাদন

শ্বেত ফস্‌ফোরাসকে বায়ুশূন্য পাত্রে অথবা কার্বন ডাই অক্সাইড বা নাইট্রোজেন গ্যাসপূর্ণ পাত্রে 250 সন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করিলেই শ্বেত ফস্‌ফোবাস লাহিত ফস্‌ফোরাসে রূপান্তরিত হয়। আবার সেই লোহিত ফস্‌ফোরাসকে 550 সন্টিগ্রেড তাপমাত্রার অপেক্ষা উচ্চতর তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া বাষ্প রূপান্তরিত করিয়া সই বাষ্প দ্রুত শীতল করিলে শ্বেত ফস্‌ফোরাস কঠিন আকারে পাওয়া যায়।

ফস্‌ফোরাসের ব্যবহার (1) শ্বেত ফস্‌ফোরাস সাধারণত লোহিত ফস্‌ফোরাস প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়। তবে সামান্য অংশ ক্যালসিয়াম হাইপোফস্‌ফাইট প্রস্তুত ব্যবহার করা হয়। কিছুটা ফস্‌ফোরাস পেন্ট অক্সাইড ও ফস্‌ফর ব্রঞ্জ তৈয়ারী করিতে লাগে। ত মহাযুদ্ধে শ্বেত ফস্‌ফোরাস অগ্নিপ্রজ্বালক বোমা (incendiary bomb) ও ধোঁয়ার পর্দা (smoke screen) প্রস্তুতে ব্যবহৃত হইয়াছে। (2) লোহিত ফস্‌ফোরাস বর্তমানে দিয়াশলাই প্রস্তুতে প্রায় সমস্তটাই ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষাগারে হাইড্রোব্রোমিক (HBr) ও হাইড্রিয়ডিক (HI) অ্যাসিড প্রস্তুতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

ফস্‌ফোরাসের অভীক্ষণ (1) একটি কাচের বড় সিলিণ্ডারের তলদেশে কিছুটা বালি রাখিয়া তাহার উপর জল দিয়া সিলিণ্ডারের প্রায় দুই তৃতীয়াংশ ভর্তি করা হয়। তাহার পর বালির উপর কিছুটা পটাসিয়াম ক্লোরেটের গুড়া ছড়াইয়া দেওয়া হয়। অতঃপর কয়েক টুকরা শ্বেত ফস্‌ফোরাস বলিয়া যে দ্রব্য সন্দেহ হয় তাহা যোগ করা হয়। ইহার পর লম্বা নল ফানেলের সাহায্যে ফস্‌ফোরাস বলিয়া যাহা মনে হয় তাহার উপর গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। যদি জলের নীচে আগুন জ্বলিয়া উঠে তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে, পদার্থটি শ্বেত ফস্‌ফোরাস। ইহাই জলের নীচে আগুন দেখাইবার পদ্ধতি এবং সেখানে শ্বেত ফস্‌ফোরাস ব্যবহার করা হয়। গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড পটাসিয়াম

ক্লোরেট হইতে ক্লোরিণ ডাই অক্সাইড উৎপন্ন করে এব সেই ক্লোরিণ ডাই-অক্সাইড শ্বেত ফস্‌ফোরাসকে জারিত করে। এই জারণ ক্রিয়ার ফলেই আগুন জলিয়া উঠে।

(২) শ্বেত ফস্‌ফোরাস বলিয়া যে দ্রব্য সন্দেহ হয় তাহার কিছুটা একটি পোর্সিলেন বেসিনে স্থিত কার্বন ডাই সলফাইডে যোগ করা হয়। দ্রব্যটি শ্বেত ফস্‌ফোরাস হইলে তাহা কার্বন ডাই সলফাইডে দ্রবীভূত হয়। এই দ্রবণে তুলা জড়ানো কাঠি ডুবাইয়া যে দ্রবণ উঠিয়া আসে তাহা দ্বারা কাগজের উপর নিজ নামের আগ্ন অক্ষর লে.া হয়। অল্পক্ষণ পরেই কার্বন ডাই সলফাইড উবিয়া যায় এব তখন যদি কাগজে আগুন ধরিয়া যায় এব লেখা অ শটির কাগজ পুড়িয়া গিয়া অক্ষরটি স্পষ্ট হইয়া উঠে তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে দ্রব্যটি শ্বেত ফস্‌ফোরাস ভিন্ন আর কিছুই নয়। ইহাকেই **আগুনের অক্ষর** বলে।

দিয়াশলাই শিল্প 1805 খ্রীষ্টাব্দে চান্সেল (Chancel) প্রথম পটাসিয়াম ক্লোরেট ঘটিত দিয়াশলাই আবিষ্কার করেন। ইহাতে একটি কাঠির মাথায় পটাসিয়াম ক্লোরেট ও চিনির মিশ্রণ পুটুলি করিয়া লাগান থাকিত। সেই পুটুলি গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডে ডুবাইলে আগুন জলিয়া উঠিত ও কাঠিতে আগুন ধরিত। ইহার জন্য সঙ্গে শিশিতে করিয়া গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড রাখা প্রয়োজন হইত। কিন্তু গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড সঙ্গে লইয়া চলা বড়ই বিপজ্জনক। ইহার পর 1827 খ্রীষ্টাব্দে ঘর্ষ দিয়াশলাই আবিষ্কৃত হয়। ইহাতে কাঠির মাথায় এন্টিমনি সালফাইড (Sb_2S_3) ও পটাসিয়াম ক্লোরেট আঠার সাহায্যে পুটুলি করিয়া লাগান হইত। এই পুটুলিকে বালিযুক্ত কাগজে ঘর্ষণ করিলে আগুন জলিয়া উঠিত।

শ্বেত ফস্‌ফোরাস আবিষ্কৃত হইলে শ্বেত ফস্‌ফোরাস দিয়া দিয়াশলাই তৈয়ারী করা হইত। কিন্তু শ্বেত ফস্‌ফোরাস বিষাক্ত বলিয়া এ ন ইহার ব্যবহার নিষিদ্ধ হইয়াছে।

ঘর্ষণ দিয়াশলাই (Friction বা Lucifer matches): নরম কাঠের (যথা আম শিমুল) সরু কাঠির এক প্রান্তে গলিত মোম বা গন্ধক লাগান হয়। তাহার উপর শ্বেত ফস্‌ফোরাস, পটাসিয়াম ক্লোরেট (অথবা পটাসিয়াম নাইট্রেট, লেড পার অক্সাইড বা ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড) ও কয়লার গুঁড়া শিরিষের (glue) লেইএর (paste) সাহায্যে লাগান হয়। ইহার পর

কাঠিগুলিকে শুকান হয়। শিরিষ শ্বেত ফস্‌ফোরাসকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইতে দেয় না অমসৃণ স্থানে কাঠির মাথা ঘর্ষণ করিলে ঘর্ষণজনিত তাপে শ্বেত ফস্‌ফোরাস সহজ দাহ্য পদার্থ বলিয়া জ্বলিয়া উঠে। আবার জ্বলন্ত ফস্‌ফোরাস গন্ধক বা মোমে আগুন ধরাইয়া দেয় ও কাঠি জ্বলিতে থাকে। কিন্তু এই প্রকার দিয়াশলাইএর অসুবিধা এই যে শ্বেত ফস্‌ফোরাস খুব বিষাক্ত বলিয়া ব্যবহারে বিপদ ঘটিতে পারে এবং অসাবধানতার সামান্য ঘর্ষণেই কাঠি জ্বলিয়া উঠিয়া বিপত্তির সৃষ্টি করিতে পারে। এই কারণে শ্বেত ফস্‌ফোরাসের স্থলে ফস্‌ফোরাস সল্‌ফাইড ব্যবহার করা হয় এবং দিয়াশলাইএর বাক্সের গায়ে বালি ও কাচের গুড়া আটা দিয়া লাগাইয়া কাঠিটি ঘর্ষণ করিবার ব্যবস্থা করা হয়।

নিরাপদ দিয়াশলাই (Safety matches) বর্তমানে নিরাপদ দিয়াশলাই-এর ব্যবহারই চলিত হইয়াছে। ইহাতে কাঠির মাথায় অ্যান্টিমনি সলফাইড (Sb_2S_3) পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) পটাসিয়াম ডাই ক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) ও রেড লেড (Pb_3O_4) শিরিষের আটার সাহায্যে লাগান হয়। তাহার পর কাঠিটি শুকাইয়া লওয়া হয়। যাহাতে জ্বলন্ত কাঠি নির্বাপিত করা মাত্র আগুনও নিভিয়া যায় তাহার ব্যবস্থা করার জন্য কাঠিটিকে (লেইসহ পূর্ব উল্লিখিত দ্রব্যাদি কাঠির প্রান্তে লাগাইবার পূর্বে) সোহাগার (borax $Na_2B_4O_7\ 10H_2O$) দ্রবণে ডুবাইয়া শুকাইয়া লওয়া হয়। এই কাঠিটিকে একটি বিশেষ ধরণে প্রস্তুত খসখসে কাগজে ঘর্ষণ করিয়া প্রজ্বলিত করা হয়। এই কাগজ দিয়াশলাইএর বাক্সের দুই পার্শ্বে লাগান থাকে। এই কাগজের উপর লোহিত ফস্‌ফোরাস কাচের গুড়া, অ্যান্টিমনি সলফাইড ও আঠার লেই লাগাইয়া শুকাইয়া লইয়া তবে দিয়াশলাইএর বাক্সে লাগান হয়। ঘর্ষণে যে তাপ উদ্ভূত হয় তাহা দ্বারা লোহিত ফস্‌ফোরাস জারকের সাহায্যে জারিত হইয়া জ্বলিয়া উঠে এবং কাঠির মাথায় আগুন ধরাইয়া দেয়। এই প্রকার দিয়াশলাই অন্য কোথাও ঘর্ষণ করিলে আগুন জ্বলে না।

যে-কোনও স্থানে-ঘর্ষণ দিয়াশলাই (Strike-any where matches) • এই প্রকার দিয়াশলাইএর কাঠির মাথা যে কোন স্থানে ঘর্ষণ করিলে জ্বলে। কিন্তু সামান্য ঘর্ষণে জ্বলিবার ভয় ইহাতে নাই। এই কাঠির মাথায় ঘোর লোহিত (Scarlet) ফস্‌ফোরাস বা ফস্‌ফোরস সলফাইড (P_4S_3) পটাসিয়াম ক্লোরেট বা রেড লেড (Pb_3O_4) ও শিরিষের আঠা এবং কাচের গুড়া

লাগান হয়। এই সমস্ত দিয়াশলাইএর কাঠিতে P_4S_3 বিজারকের কাজ করে এবং $KClO_3$ বা Pb_3O_4 জারকের কাজ করে।

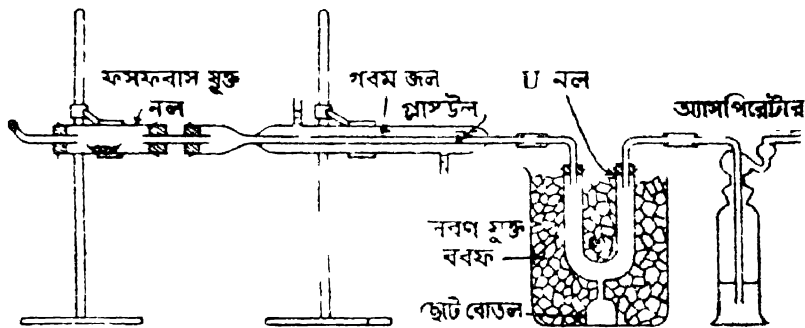
ভারতে বর্তমানে দিয়াশলাই শিল্পের আধুনিক উন্নত প্রণালীতে পরিচালিত বহু কারখানা স্থাপিত হইয়াছে এবং সেই সমস্ত কারখানা হইতে ভারতের চাহিদা মিটাইবার মত দিয়াশলাই প্রস্তুত হইতেছে। ইহাদের মধ্যে ওয়েস্ট ইণ্ডিয়া ম্যাচ কোম্পানী (West India Match Company) বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

ফস্ফোরাসের অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিডসমূহ (Oxides and Oxyacids of Phosphorus) ফস্ফোরাসের তিনটি অক্সাইড জানা আছে, যথা (1) ফস্ফোরাস ট্রাই অক্সাইড বা ফস্ফোরাস অক্সাইড P_2O_3 বা P_4O_6 (2) ফস্ফোরাস পেণ্ট অক্সাইড বা ফস্ফোরিক অক্সাইড P_2O_5 বা P_4O_{10} (3) ফস্ফোরাস টেট্রক্সাইড P_2O_4 বা P_4O_8। ইহাদের মধ্যে প্রথম দুইটিই বিশেষ উল্লেখযোগ্য ও সর্বদাই ব্যবহৃত হয়। অক্সি অ্যাসিডও অনেকগুলি জানা আছে যেমন (1) ফস্ফোরাস অ্যাসিড H_3PO_3 (2) ফস্ফোরিক অ্যাসিড তিন প্রকারের অর্থো—H_3PO_4 পাইরো—$H_4P_2O_7$ এবং মেটা—HPO_3 (3) হাইপোফস্ফরিক অ্যাসিড $H_4P_2O_6$ এবং (4) হাইপোফস্ফোরাস অ্যাসিড H_3PO_2। ইহাদের মধ্যে অর্থোফস্ফারিক অ্যাসিডই বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য কারণ ক্যালসিয়াম ফস্ফেট হিসাবে খনিজ হিসাবে এবং জীবদেহের গঠনে অস্থি হিসাবে পাওয়া যায়। তবে ক্যালসিয়াম ডাইহাইড্রোজেন ফস্ফেট $[Ca(H_2PO_4)_2]$ও বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

ফস্ফোরাস ট্রাই অক্সাইড বা ফস্ফোরাস অক্সাইড, P_2O_3 বা P_4O_6 শ্বেত ফস্ফোরাসকে স্বল্প বাতাসে সামান্য উত্তপ্ত করিলে ফস্ফোরাসের যে দহন ও জারণ হয় তাহাতে বেশীর ভাগই ফস্ফোরাস ট্রাই অক্সাইড এবং সামান্য ফস্ফোরাস পেণ্ট অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

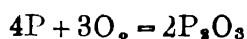
$$4P + 3O_2 = 2P_2O_3$$
$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

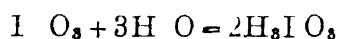
ফস্ফোরাস ট্রাই অক্সাইডকে ফস্ফোরাস পেণ্ট অক্সাইড হইতে পৃথক করার জন্য নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বিত হয় এবং এই উপায়েই বিশুদ্ধ ফস্ফোরাস ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হইয়া থাকে।

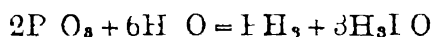
প্রস্তুতি একটি শক্ত কাচনলে কয়েক টুকরা শ্বেত ফস্‌ফোরাস রাখা হয়। উক্ত কাচনলের একটি মুখ উত্তপ্ত করিয়া টানিয়া বাঁকাইয়া উপর দিকে করিয়া লওয়া হয় এবং অপর মুখ একটি লিবিগ শীতকের ভিতরকার নলের সহিত যুক্ত করা হয়। নলের একমুখ বাঁকানর উদ্দেশ্য এই যে ফস্‌ফোরাসের জারণের সময় ফস্‌ফোরাস গলিয়া গেলেও উহা নলের বাহিরে আসিতে না পারে। শীতকের ভিতরের নলটির প্রান্তদেশ হিমমিশ্রে অবস্থিত একটি U নলের সহিত যুক্ত করা

চিত্র নং 21

হয়। শীতকের ভিতরের নলের বাহির দিয়া সামান্য গরম জল (60 সেন্টিগ্রেড) পরিচালনা হয় এবং উক্ত কাচের নলের প্রান্তে একটু কাচের উল (Glass wool) গুঁজিয়া দেওয়া হয়। U নলের তলদেশে সংযুক্ত একটি বোতল হিমমিশ্রে বসান থাকে। U নলের অপর প্রান্ত একটি অ্যাসপিরেটরের (Aspirator) সহিত সংযুক্ত করা হয় (ছবিতে দেখান হয় নাই)। অ্যাসপিরেটরের স্টপ কক (Stop cock) সামান্য খুলিয়া দিলে ফস্‌ফোরাসের টুকরাগুলির উপর ধীরে ধীরে একটি বায়ুপ্রবাহ পরিচালিত হয় এবং ফস্‌ফোরাস জ্বলিতে থাকে। ফস্‌ফোরাসের জারণের ফলে ফস্‌ফোরাসের ট্রাই অক্সাইড এবং উহার সহিত মিশ্রিত অবস্থায় সামান্য ফস্‌ফোরাস পেন্ট অক্সাইড উৎপন্ন হয়। কিন্তু শীতকের ভিতরের নল দিয়া ইহাদের বাষ্প চালিত হওয়ার সময় শীতকে উষ্ণ জলের প্রবাহ (60 সেন্টিগ্রেড) থাকায় P_2O_3 বাষ্পাকারে কাচের উলের ভিতর দিয়া U নলে যায়, কিন্তু ফস্‌ফোরাস পেন্ট অক্সাইড ঐ উত্তাপে কঠিন অবস্থায় থাকায় কাচের উলে আটকাইয়া থাকিয়া যায়। P_2O_3 শীতল U নলে ঘনীভূত হয়।

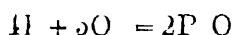
U নলকে হিমমিশ্র হইতে সরাইয়া একটু গরম করিলেই P_2O_3 গলিয়া U নলের নীচের বোতলে চলিয়া যায় এবং সেখানে জমা হয়।

$$4P + 3O_2 = 2P_2O_3$$

ধর্ম বিশুদ্ধ ফস্‌ফোরাস ট্রাই অক্সাইড বর্ণহীন স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ। ইহার গলনাঙ্ক 24 সেন্টিগ্রেড এবং স্ফুটনাঙ্ক 173 সেন্টিগ্রেড। ইহার বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক 110। সুতরাং ইহার আণবিক সংকেত হইল P_4O_6। ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত। ইহা বায়ুতে বা অক্সিজেনে দ্রুত জারিত হয় এবং ফস্‌ফোরাস পেণ্ট অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। ইহা অম্লজাতীয় অক্সাইড। শীতল জলের সহিত ইহা ধীরে ধীরে ক্রিয়া করিয়া ফস্‌ফোরাস অ্যাসিড (H_3PO_3) উৎপন্ন করে।

$$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3$$

কিন্তু গরম জলে ফস্‌ফোরাস ট্রাই অক্সাইড দ্রবণ করিলে বিস্ফোরণ হয় এবং ফস্‌ফিন (PH_3) অর্থো ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড ও সামান্য লোহিত ফস্‌ফোরাস উৎপন্ন হয়।

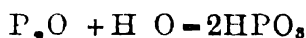
$$2P_2O_3 + 6H_2O = PH_3 + 3H_3PO_4$$

ফস্‌ফোরাস পেণ্ট অক্সাইড P_2O_5

শ্বেত ফস্‌ফোরাসকে শুষ্ক অবস্থায় অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে বা অক্সিজেন-প্রবাহে দগ্ধ করিলে ফস্‌ফোরাস পেণ্ট অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

প্রস্তুতি একটি বড় কাচের পাত্রে তামার চামচে করিয়া অল্প অল্প শ্বেত ফস্‌ফোরাস অতিরিক্ত বায়ুতে পোড়ান হয়। ফস্‌ফোরাস পেণ্ট অক্সাইডই বেশীর ভাগ উৎপন্ন হইয়া পাত্রের তলদেশে জমা হয় কিন্তু তাহার সহিত সামান্য ফস্‌ফোরাস ট্রাই অক্সাইড মেশান থাকে। এই অশুদ্ধ অক্সাইডকে ওজোন মিশ্রিত বায়ুপ্রবাহে (ozonised air) 175–220 সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে P_2O_3 সম্পূর্ণরূপে P_2O_5এ রূপান্তরিত হয়। বিশুদ্ধ P_2O_5 পাইতে হইলে অশুদ্ধ P_2O_5কে শক্ত কাচের নল হইতে শুষ্ক বায়ুপ্রবাহে উত্তাপ দ্বারা বাষ্পীভূত করিয়া শীতল গ্রাহকে কঠিনাকারে সঞ্চিত করা হয়। বিশুদ্ধ P_2O_5 সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণে যোগ করিলে কোন কালো বর্ণ উৎপন্ন হয় না।

ধর্ম ঃ ফস্‌ফোরাস পেণ্ট অক্সাইড সাধারণতঃ সাদা গুঁড়া অবস্থায় পাওয়া যায়। শুষ্ক কার্বন ডাই অক্সাইডের ভিতর পাতিত করিলে ইহাকে স্ফটিকাকারে

পাওয়া যায় এবং স্ফটিকাকারের P_2O_5 250 সেন্টিগ্রেডে ঊর্ধ্বপাতিত হয়। ইহা সহজেই জলীয় বাষ্প শোষণ করে। সেইজন্য ইহাকে সর্বদাই বোতলে ছিপি দিয়া রাখা হয়। নিম্ন তাপে আলোতে রাখার পর P_2O_5কে অন্ধকারে লইয়া গেলে ইহার প্রবল অনুপ্রভা দেখা যায়। ইহাও একটি অম্লজাতীয় অক্সাইড। ইহাকে ঠাণ্ডা জলে দিলে হিস্ হিস্ শব্দ হয় এবং ইহা দ্রবীভূত হইয়া মেটা ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে।

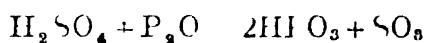
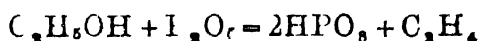
$$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$$

কিন্তু গরম জলে যোগ করিলে ইহা দ্রবীভূত হইয়া অর্থো ফসফোরিক অ্যাসিড দিয়া থাকে।

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

জলের প্রতি ফসফোরাস পেন্ট-অক্সাইডের আসক্তি খুব বেশী। এইজন্য ইহা একটি শক্তিশালী নিরুদক (dehydrating agent) হিসাবে কার্য করে। কেবল যে ইহা জল বা জলীয় বাষ্প শোষণ করিতে পারে তাহা নহে অন্য যে কোন যৌগে জলের যে পরিমাণ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন আছে সেই পরিমাণে উক্ত মৌলদুইটি ঐ যৌগ হইতে ইহা জল রূপে গ্রহণ করিয়া লইতে পারে। ইহা সলফিউরিক অ্যাসিড নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতি হইতে জলের উৎপাদক মৌলগুলি (elements of water) গ্রহণ করিয়া উক্ত অ্যাসিডগুলির অ্যাসিড নিরুদক (acid anhydride) উৎপন্ন করে।

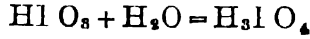
$$H_2SO_4 + P_2O_5 = 2HPO_3 + SO_3$$
$$2HNO_3 + P_2O_5 = 2HPO_3 + N_2O_5$$

অ্যালকোহল হইতেও ইহা জলের উপাদান শোষণ করিয়া লইয়া থাকে।

$$C_2H_5OH + P_2O_5 = 2HPO_3 + C_2H_4$$

কাগজ কাঠ ও অনেক জৈব পদার্থ এইভাবে আক্রান্ত হয়। নিরুদক হিসাবে ইহা গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড গলিত (fused) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতি হইতে অনেক অধিক শক্তিশালী।

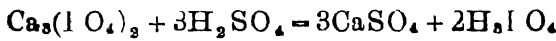
ফস্‌ফোরাস পেন্ট-অক্সাইড নিরুদক হিসাবে ও ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

অর্থো ফস্ফোরিক অ্যাসিড, H_3PO_4 —(1) ফসফোরাস পেণ্ট অক্সাইডকে গরম জলে যোগ করিলে অর্থো ফস্ফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। (2) আবার ঠাণ্ডা জলে ফস্ফোরাস পেণ্ট অক্সাইড যোগ করিয়া যে মেটা ফস্ফোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় তাহার দ্রবণকে ফুটাইলে অর্থো ফস্ফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$HPO_3 + H_2O = H_3PO_4$$

পরীক্ষাগারে অর্থো-ফস্ফোরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি একটি গোল তলবিশিষ্ট (round bottomed) 2 লিটার আয়তনের কাচের ফ্লাস্কে 112 ঘন সেণ্টিমিটার ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ও অ্যাসিডের আয়তনের দেড়গুণ জল মিশাইয়া লওয়া হয়। এই মিশ্রণে অল্প অল্প করিয়া লোহিত ফস্ফোরাস (31 গ্রাম) যোগ করা হয়। ফ্লাস্কের মুখে ঊর্ধ্বমুখী শীতক লাগাইয়া শীতকের বহিরাবরণের ভিতর দিয়া ঠাণ্ডা জলের প্রবাহ চালনা করা হয়। তাহার পর মিশ্রণটিকে ফুটান হয়। সমস্ত ফসফোরাস দ্রবীভূত হইলে ফ্লাস্ক হইতে সমস্ত দ্রবণটিকে একটি পোর্সিলেন ডিসে ঢালিয়া আরও 20 ঘন সেণ্টিমিটার গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। তাহার পর মিশ্রণটি সহ পোর্সিলেন ডিস বালি গাহে উত্তপ্ত করা হয়। যখন সমস্ত ক্রিয়া শেষ হইয়াছে বলিয়া মনে হয় তখন সামান্য দ্রবণ লইয়া জল মিশাইয়া সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণে যোগ করিয়া দেখা হয় যে, কোন কালো রঙের অধঃক্ষেপ (ফস্ফোরাস অ্যাসিডের জন্য) পাওয়া যায় কি না। যখন কালো রঙের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় না তখন দ্রবণটিকে সমপরিমাণ জল মিশাইয়া পরিস্রাবিত করা হয়। এই পরিস্রুৎকে অন্য একটি পোর্সিলেন ডিসে লইয়া অ্যাসবেস্টস্ বোর্ডের উপর রাখিয়া 180 সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতার নীচে বুনসেন দীপ দ্বারা উত্তপ্ত করিয়া বাষ্পীভূত করা হয়। যখন দ্রবণটি উপযুক্তরূপ গাঢ় হয় তখন গাঢ় দ্রবণকে একটি ছোট পোর্সিলেন বেসিনে লইয়া বায়ুশূন্য শোষকাধারে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডের উপর রাখা হয় এবং শোষকাধারটি একটি হিমমিশ্রে রাখিয়া শীতল করা হয়। তখন দ্রবণ হইতে অর্থো ফস্ফোরিক অ্যাসিডের উদগ্রাহী কেলাস জমা হয়। যদি উষ্ণতা 180 সেণ্টিগ্রেডের উপরে চলিয়া যায় তাহা হইলে মেটা ফস্ফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণটি কেলাসিত হয় না।

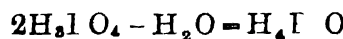
অস্থিভস্ম হইতে পণ্য উৎপাদন অস্থিভস্মে ক্যালসিয়াম ফস্ফেট $Ca_3(PO_4)_2$ থাকে। অস্থিভস্মকে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত

করিয়া কয়েক ঘণ্টা ধরিয়া সীসার আস্তরণ দেওয়া ট্যাঙ্কে সিদ্ধ করা হয়। তাহাতে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সলফেট ও ফস্ফোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সলফেটকে পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করা হয়। পরিস্রুত দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিয়া যখন দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.7 হয় তখন দ্রবণে 85% ফস্ফোরিক অ্যাসিড থাকে। এই দ্রবণে সামান্য অ্যাসিড ক্যালসিয়াম ফস্ফেট $CaH_4(PO_4)_2$ মিশিয়া থাকে। এই দ্রবণকে ফস্ফোরিক অ্যাসিডের সিরাপ বলে এবং ইহা বোতলে করিয়া বাজারে সেইভাবেই চালান দেওয়া হয়।

খনিজ ফস্ফেট হইতে যে উপায়ে ফস্ফরাস উৎপাদিত হয় সেই উপায়ে তাড়িৎ চুল্লীতে ফস্ফেট খনিজ কোক ও বালি তড়িৎপ্রবাহ দ্বারা উত্তপ্ত করা হয় এবং চুল্লীর ভিতর বায়ুপ্রবাহ চালনা করা হয়। ইহাতে ফস্ফরাসের দহনে P_2O_5 এবং কার্বন মনোক্সাইড দহনে কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয়। চুল্লী হইতে বহির্গত গ্যাসকে ঠাণ্ডা করিয়া জলধারার (water spray) সহিত মিশাইয়া বৈদ্যুতিক উপায়ে অধঃক্ষিপ্ত (Electrostatic precipitation) করিয়া 85% ফস্ফোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই ফস্ফোরিক অ্যাসিড ক্যালসিয়াম ফস্ফেট অশুদ্ধি হইতে মুক্ত।

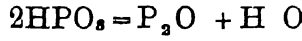
ফস্ফোরিক অ্যাসিডের ধর্ম —(1) অর্থো ফস্ফোরিক অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায় উদগ্রাহী বর্ণহীন স্ফটিকাকার কঠিন। ইহার গলনাঙ্ক 38.2—42.3 সেন্টিগ্রেড। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রাব্য। উত্তপ্ত করিলে ইহা হইতে ধীরে ধীরে জল বাষ্পীভূত হইয়া চলিয়া যায় এবং পাইরো অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়। 213 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় (240 সেন্টিগ্রেডের উপর উষ্ণতায় দ্রুতভাবে) অর্থো ফস্ফোরিক অ্যাসিডের দুই অণু হইতে এক অণু জল অপসারিত হয় এবং পাইরো ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

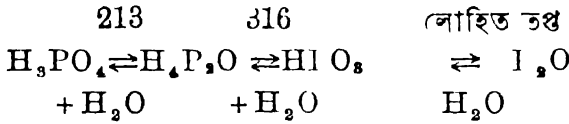
$$2H_3PO_4 - H_2O = H_4P_2O_7$$

316 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় রাখিলে অর্থো বা পাইরো ফস্ফোরিক অ্যাসিডের এক অণু হইতে এক অণু জল চলিয়া গিয়া মেটা ফস্ফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$H_3PO_4 - H_2O = HPO_3$$

$$H_4P_2O_7 - H_2O = 2HPO_3$$

মেটা ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডকে আরও উত্তপ্ত করিলে ইহা ফস্‌ফোরাস পেণ্ট অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2HPO_3 = P_2O\ \ + H\ \ O$$

উপরের বিক্রিয়াগুলি উভমুখী অর্থাৎ শেষের উৎপন্ন অক্সাইড বা অ্যাসিডের সহিত জল দিয়া ফুটাইলে পূর্বের ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$\begin{array}{cccc} 213 & 316 & & \text{লোহিত তপ্ত} \\ H_3PO_4 \rightleftharpoons & H_4P_2O \rightleftharpoons & HI\ O_3 & \rightleftharpoons\ I\ _2O \\ +H_2O & +H_2O & & H_2O \end{array}$$

অর্থো ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের অণুতে যে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে তাহাদের ক্রমে ক্রমে বা একসঙ্গে ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা সম্ভব। ইহা ত্রিক্ষারীয় (tribasic) অ্যাসিড। সেই কারণে এই অ্যাসিড হইতে তিন প্রকারের লবণ পাওয়া যাইতে পারে যথা MH PO₄ M HPO₄ এবং M₃PO₄ (M যে কোন একযোগী ধাতুর পরমাণু)। অর্থো ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের সহিত ধাতব অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড অথবা কার্বনেটের ক্রিয়ার ফলে ফস্‌ফেট লবণ উৎপন্ন হয়। অর্থো ফস্‌ফেটগুলিকে সাধারণত ফস্‌ফেট বলিয়াই অভিহিত করা হয়।

অর্থো অ্যাসিডের একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে প্রাইমারী (primary) ফস্‌ফেট দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে সেকেণ্ডারী (secondary) ফস্‌ফেট ও তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হইলে টারসিয়ারী (tertiary) ফস্‌ফেট পাওয়া যায়।

প্রাইমারী ফস্‌ফেটের উদাহরণ হিসাবে নাম করা যায়—

KH_2PO_4 পটাসিয়াম ডাই হাইড্রোজেন ফস্‌ফেট।

$Ca(H_2PO_4)$ প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট।

সেকেণ্ডারী ফস্‌ফেটের উদাহরণ—

$Na_2HPO_4\ 12H_2O$ ডাই সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফস্‌ফেট

$CaHPO_4$ সেকেণ্ডারী ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট।

টারসিয়ারী ফস্‌ফেটের উদাহরণ—

$Na_3PO_4\ 12H_2O$, ট্রাইসোডিয়াম ফস্‌ফেট।

$Ca_3(PO_4)_2$ ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট।

অ্যামোনিয়াম মলিবডেটের দ্রবণ ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইয়া ঈষৎ উষ্ণ করিলে বা ঝাঁকাইলে চমৎকার হলুদবর্ণের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। আর্সেনিক অ্যাসিডের বা আর্সেনেটের দ্রবণও উক্তরূপে হলুদবর্ণের অধঃক্ষেপ দিয়া থাকে, কিন্তু তাহার জন্য মিশ্রণকে ফুটাইতে হয় এবং অধঃক্ষেপের পরিমাণও কম হয়।

(2) অর্থো ফসফেটের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ যোগ করিলে হলুদ-বর্ণের অধঃক্ষেপ (সিলভার অর্থো ফসফেট) পাওয়া যায়। মেটা ফসফেটের ও পাইরো ফসফেটের দ্রবণের সহিত সিলভার নাইট্রেট সাদা অধঃক্ষেপ দিয়া থাকে। আর্সেনেটের দ্রবণের সহিত বাদামী রংএর অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় এবং ফসফেট ও আর্সেনেট সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণের সাহায্যে সহজেই চিনিতে পারা যায়।

(3) ম্যাগনেসিয়া মিশ্রণ (Magnesia mixture যাহাতে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং অ্যামোনিয়া মিশ্রিত থাকে) অর্থো ফসফেটের দ্রবণে যোগ করিলে ম্যাগনেসিয়াম অ্যামোনিয়াম ফসফেটের ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। আর্সেনেটের সহিতও ম্যাগনেসিয়া মিশ্রণ যোগ করিলে ম্যাগনেসিয়াম অ্যামোনিয়াম আর্সেনেটের ($MgNH_4AsO_4$) সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। কাজেই ম্যাগনেসিয়া মিশ্রণ দিয়া ফসফেট ও আর্সেনেটের পার্থক্য বুঝা যায় না।

দ্রষ্টব্য — [illegible] (ডিমের সাদা অংশ) [illegible] একমাত্র মেটা ফসফেট [illegible] অ্যালবুমিনকে তঞ্চন (Coagulate) [illegible]। অন্য দুই প্রকার ফসফেটের দ্রবণের সহিত অ্যালবুমিনের কোন পরিবর্তন হয় না।

কৃত্রিম ফসফেট সার — প্রাণী ও উদ্ভিদ জগতের অস্তিত্ব ও দেহগঠনে নাইট্রোজেন ও ফসফোরাস উভয় মৌলই অত্যাবশ্যক। উদ্ভিদ মাটি হইতে নাইট্রোজেন ও ফসফোরাস ঘটিত খাদ্য গ্রহণ করে এবং তাহাদের ফলমূল ও বীজে সাধারণতঃ তাহাদের এই খাদ্য হইতে জীবজগতের উপযোগী নাইট্রোজেন ও ফসফোরাস ঘটিত খাদ্য তৈয়ারী করিয়া সঞ্চিত করে। পরে এই সমস্ত ফলমূল ও বীজ দ্বারা জীবজগৎকে এই খাদ্য তাহারা পরিবেশন করে। তবে মানুষ ও অন্যান্য মাংসাশী প্রাণী দুগ্ধ ডিম মাছ মাংস প্রভৃতি প্রাণিজাত দ্রব্য হইতেও নাইট্রোজেন ও ফসফোরাস ঘটিত খাদ্য সংগ্রহ করিয়া থাকে। নাইট্রোজেন ঘটিত যৌগ যেভাবে জমিতে স্বাভাবিক উপায়ে ও কৃত্রিমভাবে সরবরাহ হয় সে সম্বন্ধে বিশদভাবে পূর্বে

সুপার ফস্ফেট অফ লাইমের (Super phosphate of lime) পণ্য উৎপাদন ঘূর্ণায়মান পাখাযুক্ত ঢালাই লোহার সিলিণ্ডারে (cylinder) খনিজ ফস্ফোরাইটের গুড়া ও সলফিউরিক অ্যাসিড (ঘনাঙ্ক 1.5) মিশাইলে পাখার ঘূর্ণনে সুষ্ঠুভাবে বিক্রিয়া হয় এবং মিশ্রণটি তরল অবস্থায় থাকে। ঐ তরল মিশ্রণটিকে একটি সিমেন্ট নির্মিত গর্তে ঢালিয়া গর্ত অর্ধেক ভর্তি করিয়া ঢাকনা দিয়া গর্তটি বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। মিশ্রণটি উত্তপ্ত হইয়া উঠে এবং নানাবিধ গ্যাসীয় পদার্থ (যথা CO_2, SiF_4, HF ও HCl) উদ্ভূত হয় এবং ছিদ্র দিয়া বাহির হইয়া স্তম্ভে (tower) যায়। কয়েক দিন পরে গর্ত হইতে সুপার ফস্ফেট বাহির করিয়া আনিয়া চূর্ণ করা হয় এবং কাঠের তৈয়ারী বড় ঘরে গরম বায়ুপ্রবাহের সাহায্যে শুষ্ক করিয়া ড্রামে (drum) ভর্তি করা হয়। এই ভাবে ইহাকে সারবস্তু বাজারে বিক্রয় করা হয়।

$$5Ca_3(PO_4)_2 + 11H_2SO_4 = 4Ca(H_2PO_4)_2 + 2H_3PO_4 + 11CaSO_4$$

এই সুপার ফস্ফেট ... সার হিসাবে জমিতে প্রয়োগ করিয়া জমির উর্বরতা বৃদ্ধি করা হয়। আবার ইহাকে ... সাথে মিশাইলে তাহা সর্বোৎকৃষ্ট সার হিসাবে গণ্য করা হয় এবং এইরূপ সারও বাজারে পাওয়া যায়। এই সকল সারের নাম (1) নাইট্রেটেড সুপার ফস্ফেট এবং (2) অ্যামোনিয়েটেড সুপার ফস্ফেট ...।

(1) নাইট্রেটেড সুপার ফস্ফেট (Nitrated Super phosphate) খনিজ ফস্ফোরাইট ও তাহার ওজনের এক তৃতীয়াংশ নাইট্রিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিলে বিক্রিয়া ঘটিয়া সেকেণ্ডারী ক্যালসিয়াম ফস্ফেট ও ক্যালসিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। ইহা সাধারণ সুপার ফস্ফেট অপেক্ষা সার হিসাবে অধিক কার্যকরী।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2HNO_3 = 2CaHPO_4 + Ca(NO_3)_2$$

(2) অ্যামোনিয়েটেড সুপার ফস্ফেট (Ammoniated Super phosphate) সাধারণ সুপার ফস্ফেটের সহিত অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট মিশাইলে এই সার পাওয়া যায়।

কৃত্রিম সার উপযুক্ত পরিমাণে জমিতে প্রয়োগ করা হয়। সারের পরিমাণ বেশী হইলে ফসলের ক্ষতি হইবার সম্ভাবনা।

27 মণ গম উৎপাদনের জন্য প্রায় 8½ সের ফস্ফোরাসের প্রয়োজন হয়।

is heated with concentrated nitric acid (*c*) chlorine gas is passed through water in which white phosphorus is placed (*d*) water is added drop by drop on a mixture of red phosphorus and iodine

৬। নি লিখিত বিক্রিয়াগুলি সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর —(ক) শ্বেত ফস্‌ফোরাসের সহিত কষ্টিক সোডার দ্রবণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হইল ; (খ) লোহিত ফস্‌ফোরাসকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হইল (গ) শ্বেত ফস্‌ফোরাসকে জলের ভিতর রাখিয়া তাহার উপর দিয়া ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করা হইল (ঘ) লোহিত ফস্‌ফোরাসের সহিত আয়োডিন মিশাইয়া সেই মিশ্রণে উহার উপর ফোটা ফোটা করিয়া যোগ করা হইল।

7 Describe with equations the action of (*a*) cold water and (*b*) hot water on phosphorus trioxide

৭। ফস্‌ফরাস ট্রাইঅক্সাইডের উপর (ক) শীতল জলের এবং (খ) উষ্ণ জলের বিক্রিয়া সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর।

8 What is a cold flame? Describe how it is generated

৮। শীতল শিখা কাহাকে বলে। ইহা কিরূপে উৎপন্ন হয় বর্ণনা কর।

9 Write with formulae the different types of phosphates that are met with What is superphosphate of lime? Describe the method of manufacture of superphosphate of lime and state its use

৯। [illegible] সংকেত সহ [illegible] লিখিয়া দেখাও। সুপারফসফেট [illegible] উৎপাদন পদ্ধতি [illegible] উল্লেখ [illegible]।

10 State exhaustively the proof that points to arsenic being a member of the nitrogen family What are arsenites and arsenates? State exactly the uses of arsenites and arsenates

১০। আর্সেনিক [illegible] শ্রেণীর সভ্য [illegible] প্রমাণগুলি বিশদভাবে উল্লেখ কর [illegible] কোন্ কোন্ কার্যে ব্যবহার করা হয় তাহা পাখ্যভাবে বর্ণনা কর

11 Fit in exactly the statements in column I with the statements in column II —

Column I	Column II
(*i*) White phosphorus is	(*i*) insoluble in carbon disulphide
(*ii*) Phosphorus trioxide	(*ii*) does not react with hot water
(*iii*) Red phosphorus	(*iii*) soluble in carbon disulphide
(*iv*) Phosphorus hydride or phosphine	(*iv*) reacts with hot water with the production of phosphoric acid

কার্বন

স্ফটিকাকার — হীরক, গ্র্যাফাইট

অনিয়তাকার — ভূসা, কোল

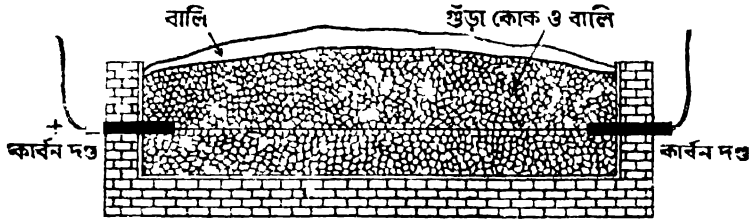
কাঠকয়লা (Wood charcoal), প্রাণিজ কয়লা (Animal charcoal), কোক, গ্যাস কার্বন

অস্থি কয়লা (Bone charcoal), রক্ত কয়লা (Blood charcoal)

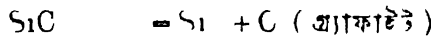
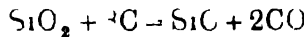
এই সমস্ত কয়টি রূপভেদ মূলত কার্বন। অনেকে মনে করেন যে পাথুরে কয়লা বা কোল সমসত্ত্ব (homogeneous) পদার্থ নয়। ইহাতে কিছুটা কার্বন মুক্ত অবস্থায় আছে মাত্র। সেইজন্য পাথুরে কয়লাকে কার্বনের বহুরূপ বলিয়া গণ্য করা হয় না।

স্ফটিকাকার কার্বন — (1) হীরক — হীরক নিজস্ব ভাবে দক্ষিণ আফ্রিকা, ব্রেজিল, ভারত ও রাশিয়ার [illegible] পাওয়া যায়। তবে পৃথিবীর অধিকাংশ হীরক দক্ষিণ আফ্রিকা হইতে আসিয়া থাকে। সাধারণত হীরকের বর্ণ [illegible] বিদ্রোভ। [illegible] সময় সময় ইহা নীলাভ, রক্তবর্ণাভ, সবুজ আভাবিশিষ্ট বা কালো বর্ণের [illegible] ইহাতে নানা প্রকার অশুদ্ধি বর্তমান থাকে। কালো রঙের হীরককে কার্বোনেডো (carbonado) বা বোয়ার্ট (boart) বলে। এই কালো হীরকের রত্ন হিসাবে কোন দাম নাই। দক্ষিণ আফ্রিকায় হীরকের খনিতে হীরক পাথরের সহিত মিশিয়া থাকে। খনি হইতে তুলিয়া পাথরের টুকরাগুলিকে জলবাতাসে ফেলিয়া রাখা হয়। তাহাতে বড় টুকরাগুলি ভাঙ্গিয়া ছোট টুকরায় পরিবর্তিত হয়। এই ছোট টুকরাগুলি পরে যন্ত্রের সাহায্যে আরও ছোট টুকরায় ভাঙ্গিয়া জলের সহিত মিশাইয়া চর্বি-মাখানো টেবিলের উপর দিয়া চালনা করা হয়। ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ভারী হীরকের

করিয়া সহসা ঠাণ্ডা করিলে গ্র্যাফাইট উৎপন্ন হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডদ্বারা লোহা গলাইয়া অপসারিত করিলে গ্র্যাফাইট পাওয়া যায়।

চিত্র নং 22

অ্যাকেসন পদ্ধতি (Acheson Process) — নায়েগ্রা জলপ্রপাতের নিকট অল্পব্যয়ে তড়িৎ উৎপন্ন করা সম্ভব হওয়ায় সেখানে এই পদ্ধতিতে গ্র্যাফাইটের পণ্য উৎপাদন সম্ভব হইয়াছে। এই পদ্ধতিতে অগ্নিসহ ইষ্টকনির্মিত একটি প্রকাণ্ড চুল্লীতে বালি (সিলিকা SiO_2) এবং গুঁড়া কোকের মিশ্রণে দুইটি গ্র্যাফাইট কার্বনের দণ্ড প্রবেশ করান থাকে। উক্ত গ্র্যাফাইট কার্বনের দণ্ডের সাহায্যে মিশ্রণে উচ্চ ভোল্টের তড়িৎ প্রবাহিত করিয়া মিশ্রণকে 24 হইতে 36 ঘণ্টা পর্যন্ত অতি উচ্চ উষ্ণতায় (প্রায় 4000 সেন্টিগ্রেড) উত্তপ্ত করা হয়। মিশ্রণের উপর বালির স্তূপদ্বারা ঢাকা দেওয়া থাকে। প্রথমে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে সিলিকন কার্বাইড (SiC) উৎপন্ন হয়। পরে অতিরিক্ত উষ্ণতায় ইহা বিশ্লিষ্ট হইয়া সিলিকন ও গ্র্যাফাইট কার্বন উৎপন্ন হয়। সিলিকন উক্ত উচ্চ উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হইয়া উড়িয়া যায় এবং কেবল গ্র্যাফাইট পড়িয়া থাকে।

$$SiO_2 + 3C = SiC + 2CO$$

$$SiC = Si + C \text{ (গ্র্যাফাইট)}$$

দ্রষ্টব্য — এই পদ্ধতিতে লোহা ব্যবহার না করিয়া শুধু সিলিকা ব্যবহার করা হয়।

গ্র্যাফাইটের ধর্ম — গ্র্যাফাইট ধূসরবর্ণের স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ; ইহার স্ফটিকগুলি ষট্‌কোণী (hexagonal)। ইহার ধাতুপদার্থের মত একটি দ্যুতি আছে। ইহা নরম এবং ইহার স্পর্শ পিচ্ছিল। ইহার ঘনত্ব 2.2। ইহা ধাতুর মত তাপ ও বিদ্যুতের উত্তম পরিবাহক। ইহাকে কাগজে ঘসিলে কালো দাগ পড়ে। সেইজন্যই ইহার অন্য নাম কাল সীসা (black lead) বা প্লামবেগো (plumbago)।

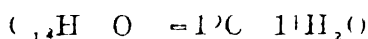
অক্সিজেন গ্যাসে 700° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে গ্র্যাফাইট পুড়িয়া কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন করে। পটাসিয়াম ক্লোরেট নাইট্রিক অ্যাসিড ও সলফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণের সহিত গ্র্যাফাইট যোগ করিয়া ফুটাইলে উহার কিছুটা গ্র্যাফাইটিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়। পটাসিয়াম ডাই ক্রোমেট ও সলফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণের সহিত গ্র্যাফাইটকে উত্তপ্ত করিলে কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

গ্র্যাফাইটের ব্যবহার —গ্র্যাফাইট কাঠের সীস পেনসিল প্রস্তুতে পিচ্ছিল কারক তৈলের (lubricating oil) উপাদান হিসাবে বড় বড় খপর (plumbago crucibles) তৈয়ারি করিতে ও বারুদ পালিশ করিতে ব্যবহৃত হয়। তড়িৎ ও তাপের সুপরিবাহী হিসাবে উহা তড়িৎচুল্লী প্রস্তুতে এবং তড়িৎ বিশ্লেষণে গ্র্যাফাইট দণ্ড তড়িৎদ্বাররূপে ব্যবহৃত হয়। সময় সময় শুষ্ক ব্যাটারিতেও ইহার ব্যবহার হইতে দেখা যায়।

অনিয়তাকার কার্বন —(1) **অঙ্গার (Charcoal)** (ক) (i) **উদ্ভিজ্জ অঙ্গার বা কাঠকয়লা (Wood Charcoal)** কাঠ আংশিকভাবে পোড়ানো হইলে উহা অঙ্গারে পরিবর্তিত হয় এবং সেই কালো অঙ্গারকে কাঠকয়লা বলে। কাঠকে আংশিকভাবে পোড়ানোর জন্য মাটির ভিতর বড় গর্ত করিয়া উহা কাঠের টুকরা দিয়া ভর্তি করা হয়। গর্তের উপরটা মাটি ও ঘাসের চাপড়া দিয়া ঢাকিয়া দেওয়া হয়। কেবলমাত্র গ্যাস বাহির হওয়ার জন্য একটি পথ রাখা হয়। তাহার পরে কাঠে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। ইহাতে কিছু কাঠ পুড়িয়া যায় এবং সেইভাবে যে তাপ উদ্ভূত হয় তাহাতে অবশিষ্ট কাঠগুলি কয়লায় পরিণত হয়। ইহাতে কাঠের উদ্বায়ী বস্তুসকল নষ্ট হয়। তাই বর্তমানে উন্নত প্রণালীতে কাঠের অন্তর্ধূমপাতন (destructive distillation) দ্বারা কাঠকয়লা উৎপাদন করা হয় এবং তাহাতে কাঠের উদ্বায়ী বস্তুগুলি সংগ্রহ করা সম্ভব হয়। বৃহৎ বদ্ধ লোহার বকযন্ত্রে কাঠের টুকরা বোঝাই করিয়া উহাকে বাহির হইতে প্রায় 30 ঘণ্টা ব্যাপিয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। বকযন্ত্রটির উপরে একটি নির্গম নল লাগানো থাকে ঐ নির্গম নল দিয়া যে সকল উদ্বায়ী বস্তু উৎপন্ন হয় তাহা বাহির হইয়া আসে। উদ্বায়ী বস্তুকে ঠাণ্ডা করিলে কিছুটা তরল পদার্থে পরিণত হয় এবং কিছুটা গ্যাসরূপে থাকিয়া যায়। এই গ্যাসীয় উদ্বায়ী পদার্থে কার্বন মনোক্সাইড হাইড্রোজেন মিথেন প্রভৃতি দাহ্য গ্যাস মিশিয়া থাকে। এই গ্যাসের মিশ্রণকে কাঠ গ্যাস (wood

gas) বলা হয় এবং ইহা জ্বালানীরূপে ব্যবহৃত হয়, এমন কি লোহার বকযন্ত্র উত্তপ্ত করিতেও এই গ্যাসই ব্যবহৃত হইয়া থাকে। উদ্বায়ী বস্তুকে ঠাণ্ডা করিলে যে তরল বস্তু পাওয়া যায় তাহা থিতাইলে দুই অংশে ভাগ হইয়া যায়—(1) উপরের জলীয় অংশ ইহাকে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড (pyroligneous acid) বলে। ইহা হইতে মিথাইল অ্যালকোহল (methyl alcohol CH_3OH) অ্যাসিটিক অ্যাসিড (acetic acid CH_3COOH) অ্যাসিটোন (acetone CH_3COCH_3) প্রভৃতি জৈব পদার্থ পাওয়া যায়। (2) নীচের আলকাতরার অংশ ইহা হইতে ফিনোল (phenol C_6H_5OH) জাতীয় মূল্যবান পদার্থ পাওয়া যায়। বকযন্ত্রে যে অবশেষ পড়িয়া থাকে তা কাঠকয়লা।

(ii) **নারিকেলের মালাইএর কয়লা**—এইরূপভাবে নারিকেল মালাইএর অন্তর্ধূমপাতন দ্বারা নারিকেল মালাইএর অঙ্গার পাওয়া যায়। গ্যাসের শোষণের জন্য এই অঙ্গার নারিকেল কয়লা (Cocoanut Charcoal) বিশেষ উপযোগী। (iii) ... প্রযুক্ত হলে কালো চিনির অঙ্গার ... করা হয়। ... উষ্ণতায় চিনি হইতে জলের উপাদানসকল (elements of water) অপসারিত হয় এবং অনিয়তাকার কার্বন পড়িয়া থাকে।

$$C_{12}H_{22}O_{11} = 12C + 11H_2O$$

কিন্তু এই অনিয়তাকার কার্বনে কিছু হাইড্রোজেন গ্যাস সামান্য পরিমাণ আবদ্ধ হইয়া থাকে। সেইজন্য এই অঙ্গারকে একটি বড় কাচের গ্র্যাফাইট নলের ভিতর উত্তপ্ত করিয়া তাহার উপর দিয়া ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করা হয়। পরে সেই অঙ্গারকে ঠাণ্ডা করিয়া জল দিয়া ধৌত করা হয়। পরে হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহে শুকাইয়া লইলেই বিশুদ্ধ চিনির অঙ্গার পাওয়া যায়। ইহাকে **শর্করা-কয়লা** (Sugar Charcoal) বলা হয়। অন্যভাবেও ইহা প্রস্তুত করা যাইতে পারে। চিনির খুব ঘন সিরাপ তৈয়ারী করিয়া সামান্য উত্তপ্ত করা হয় এবং সেই উষ্ণ ঘন সিরাপে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড চিনি হইতে জলের উপাদান টানিয়া লয়। মুক্ত অঙ্গারকে জলে ধৌত করিয়া পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করা হয়, পরে শুষ্ক করিয়া ক্লোরিণ গ্যাসের প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতেও বিশুদ্ধ কার্বন পাওয়া যায়।

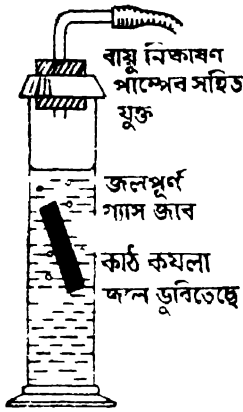
(খ) প্রাণিজ কয়লা (Animal Charcoal) **(i) অস্থি কয়লা** (Bone Charcoal) —জীবজন্তুর হাড় হইতে প্রথমে চর্বি সরাইতে হয়। হাড়ের ছোট ছোট টুকরা লইয়া জল দিয়া ফুটাইলে হাড় হইতে চর্বি দূর হয়। এইরূপে চর্বিমুক্ত হাড়ের টুকরাগুলি একটি বদ্ধ লোহার বকযন্ত্রে লইয়া বাতাসের অবর্তমানে অন্তধূমপাতন করা হয়। এই অন্তধূমপাতনের দ্বারাও উদ্বায়ী বস্তু উৎপন্ন হয় এবং এই গ্যাসীয় পদার্থ ঠাণ্ডা করিলে বোন অয়েল (bone oil) নামক তরল পদার্থ পাওয়া যায়। দাহ্য গ্যাসও কিছুটা পাওয়া যায়। বকযন্ত্রে ঘন কালো অনিয়তাকার অঙ্গার পড়িয়া থাকে। ইহাই অস্থি কয়লা। ইহার আর একটি নাম বোন ব্ল্যাক (bone black)। ইহার সহিত হাড়ের সমস্ত ক্যালসিয়াম ফসফেট মিশিয়া থাকে। ইহাকে লইয়া বায়ুতে ভস্মীভূত করিলে যাহা অবশেষ পড়িয়া থাকে তাহাকে অস্থিভস্ম (boneash) বলে। এই অবশেষে শতকরা ৪ ভাগ ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে। আবার ইহাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়া গরম করিয়া পরিস্রাবিত করিলে কেবলমাত্র অনিয়তাকার কার্বনের গুঁড়া পড়িয়া থাকে। এই কালো গুঁড়াকে জল দিয়া ভালভাবে ধুইয়া শুকাইয়া লইলে যে পদার্থ পাওয়া যায় তাহার নাম **আইভরি ব্ল্যাক** (ivory black)।

(ii) রক্ত কয়লা (Blood Charcoal) — কসাইখানা হইতে রক্ত সংগ্রহ করিয়া উক্ত রক্তের অন্তধূমপাতন করিলে কালো অনিয়তাকার অঙ্গারচূর্ণ পাওয়া যায়। ইহাকেই রক্ত কয়লা বলে।

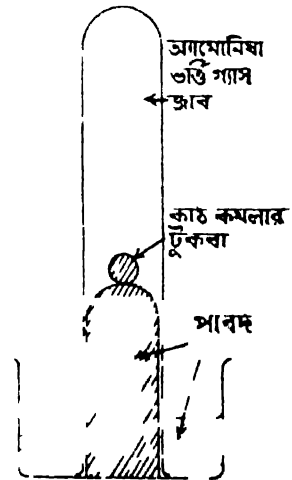
(গ) উজ্জীবিত কয়লা (Activated Charcoal) —(i) নারিকেলের মালার অন্তধূমপাতন দ্বারা উজ্জীবিত কয়লা পাওয়া যায়। (ii) করাতের গুঁড়ার অন্তর্ধূমপাতনে যে কালো অবশেষ পাওয়া যায় তাহাকে প্রথমে কস্টিক সোডার দ্রবণে এবং পরে জলে ফুটাইয়া পরিস্রাবিত করিলে কালো অবশেষ পাওয়া যায়। এই কালো অবশেষকে বায়ুশূন্য আধারে উত্তপ্ত করিলে উজ্জীবিত কয়লা পাওয়া যায়। (iii) সাধারণ কাঠকয়লার গুড়াকে ক্লোরাইডের দ্রবণসহ উত্তপ্ত করিলে পরিস্রাবণ দ্বারা উজ্জীবিত কয়লা পাওয়া যায়।

(ঘ) বিশুদ্ধ কয়লা (Pure Charcoal) —শর্করা কয়লাই হইল বিশুদ্ধ কয়লা। তাহার প্রস্তুতপ্রণালী পূর্বেই বর্ণিত হইয়াছে।

অঙ্গারের ধর্ম —অঙ্গার কালো অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। ইহা খুব সচ্ছিদ্র এবং ইহার অভ্যন্তরে যথেষ্ট পরিমাণ বায়ু আটকাইয়া থাকে। কাঠকয়লার ধর্ম,

যে কাঠ হইতে ইহা প্রস্তুত হয় এবং যে উষ্ণতায় ইহা তৈয়ারী করা হয় এই দুইটির উপর নির্ভর করে। সাধারণত কাঠকয়লা নরম এবং ইহার ঘনাঙ্ক 1.5 হইতে 1.9 পর্যন্ত হয়। ইহাতে স্বতই বুঝা যাইতেছে যে কাঠকয়লা জল হইতে ভারী কিন্তু ইহা জলে ভাসে। তাহার কারণ এই যে কাঠকয়লার সূক্ষ্ম ছিদ্রের ভিতর অনেকটা বায়ু আটকাইয়া থাকে এবং তাহার জন্য ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব প্রায় 0.2 হয়। কাঠকয়লা যে জল অপেক্ষা ভারী তাহা দেখাইতে হইলে একটি কাচের গ্যাসজার জল ভর্তি করিয়া তাহার উপর কাঠকয়লা ছাড়িয়া দেওয়া হয়। তখন কাঠকয়লা জলের উপর ভাসিতে থাকে। তাহার পর গ্যাসজারের মুখ কর্ক দিয়া বন্ধ করিয়া কর্কের ভিতর দিয়া একটি কাচনল লাগানো হয়। কাচনল বায়ু নিষ্কাশন পাম্পের (air pump) সহিত যোগ করিয়া গ্যাসজারের ভিতরের বায়ু পাম্প করিয়া ক্রমশ বাহির করিয়া দেওয়া হয়। এই

চিত্র নং 23

অবস্থায় কয়লার ছিদ্রের ভিতরের বায়ুও বাহির হইয়া আসে। তখন কাঠকয়লার ছিদ্রে জল ঢোকে এবং কয়লার টুকরা নীচে ধারে জলে ডুবিয়া যায়।

ছিদ্রবিশিষ্ট হওয়ার জন্য কাঠকয়লা গ্যাস শোষণ করে। গ্যাস ছিদ্রের গায়ে জড়াইয়া লাগিয়া থাকে। এই গ্যাসগুলি কাঠকয়লায় দ্রবীভূত হয় না বা ইহারা কয়লার সহিত রাসায়নিকভাবে ক্রিয়া করে না। আবার এই গ্যাসগুলি কাঠকয়লার অভ্যন্তরেও প্রবেশ করে না কেবলমাত্র কাঠকয়লার পৃষ্ঠদেশে লাগিয়া থাকে। এইভাবে গ্যাসের যে কোন কঠিন পদার্থের পৃষ্ঠদেশ আকৃষ্ট হইয়া লাগিয়া থাকাকে বহিঃস্থিতি (Adsorption) বলে। গ্যাস অপেক্ষা অধিক উদ্বায়ী তরলের বাষ্প অধিক পরিমাণে শোষিত হয়। কাঠকয়লার বহিঃস্থিতি ক্ষমতা খুব বেশী। উজ্জীবিত কয়লার শোষণক্ষমতা আরও বেশী। বহিঃস্থিত গ্যাস খুবই ক্রিয়াশীল

চিত্র নং 24

হয়। কাঠকয়লা গ্যাস শোষণ করার পর পুনরায় উত্তপ্ত করিলে শোষিত গ্যাস বাহির হইয়া আসে। কাঠকয়লার গ্যাস শোষণক্ষমতা নিম্নলিখিত উপায়ে দেখানো যাইতে পারে। একটি গ্যাসজারে পারদ অপসারণ দ্বারা পারদের উপর অ্যামোনিয়া গ্যাস সংগ্রহ করা হয়। একখণ্ড কাঠকয়লা লোহিত তপ্ত করিয়া পারদের ভিতর ডুবাইয়া ধরা হয়। সেই অবস্থায় তাহাকে গ্যাসজারের ভিতর প্রবেশ করাইয়া ছাড়িয়া দেওয়া হয়। কয়লার টুকরাটি পারদের উপর ভাসিয়া উঠে। এই অবস্থায় কয়লার টুকরাটি অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করে এবং পারদ গ্যাসজারের ভিতর উপর দিকে উঠে এবং প্রায় সমস্ত জারটি পারদভর্তি হইয়া যায়। উজ্জীবিত কয়লা তাহার নিজ আয়তনের 180 গুণ অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করে। শোষিত গ্যাসের সক্রিয়তা দেখাইতে নিম্নলিখিত পরীক্ষা করা যাইতে পারে। একটি গ্যাসজারে ক্লোরিণ গ্যাস ভরিয়া তাহার ভিতর বায়ুমুক্ত কাঠকয়লা যোগ করা হয়। কাঠকয়লা ক্লোরিণ শোষণ করে। এই শোষিত ক্লোরিণযুক্ত কাঠকয়লাকে অন্ধকারে একটি হাইড্রোজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে অন্ধকারেও হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয় এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। সাধারণত অন্ধকারে হাইড্রোজেন গ্যাস ও ক্লোরিণ গ্যাস মিশাইলে কোন বিক্রিয়া সংঘটিত হয় না।

গ্যাস ছাড়াও কাঠকয়লার গুঁড়া কোন কোন দ্রবণ হইতে দ্রাবটিকে বহির্ভূত করিয়া রাখিতে পারে। উদাহরণস্বরূপ দেখানো যায় যে কুইনাইন সলফেটের দ্রবণ কাঠকয়লার গুঁড়ার ভিতর দিয়া পরিস্রাবিত করিলে পরিস্রুতে কোন প্রকার তিক্ত আস্বাদ থাকে না। ইহাতে বুঝা যায় যে কুইনাইন সলফেট কাঠকয়লা দ্বারা শোষিত হইয়াছে। এই গুণ প্রাণীজ কয়লায় বিশেষভাবে বিদ্যমান দেখা যায়। সাধারণ গুড়ের দ্রবণের একটা বাদামী রং থাকে। উক্ত দ্রবণকে একটু হাড়ের কয়লার গুঁড়ার সহিত ফুটাইয়া পরিস্রাবিত করিলে পরিস্রুতে আর বাদামী রং থাকে না।

কয়লা তাপ ও তড়িতের কুপরিবাহী।

কাঠকয়লা বাতাসে পুড়িলে কার্বন ডাই অক্সাইডে পরিণত হয়। প্রায় 400 C সেন্টিগ্রেড উত্তাপে অক্সিজেন গ্যাসে কাঠকয়লা জ্বলিয়া উঠে ও কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ফ্লুয়োরিন গ্যাসে ইহা স্বতই জ্বলিয়া উঠে ও কার্বন টেট্রাফ্লুয়োরাইড (CF_4) গঠন করে। কয়লা জলে, ক্ষারে বা হাইড্রোক্লোরিক

শকরা কয়লা প্রভৃতি ক পৃথক্‌ভাবে ওজন করিয়া বিশুদ্ধ অক্সিজেনে পোড়ানো হয়। তাহাতে যে কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহা পূর্বে ওজন করা একটি কস্টিক পটাশের দ্রবণপূর্ণ বাল্‌বে শোষণ করা হয় এব পরীক্ষার পরে সেই বাল্‌বটি ঠাণ্ডা করিয়া ওজন করা হয় প্রত্যেক ক্ষেত্রেই দেখা যায় যে একগ্রাম বিভিন্ন রূপের বস্তু হইতে উদ্ভূত কার্বন ডাই অক্সাইডের ওজন সমান হয় (3 67 গ্রাম)। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে সমস্ত বস্তুই একই মৌল কার্বনের রূপভেদমাত্র।

Questions

1 What is allotropy? Name the different allotropic modifications of carbon How can it be proved that diamond is only an allotrope of carbon?

১। বহুরূপতা কাহাকে বলে? কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদের নাম কর হীরক যে কার্বনের রূপভেদ তাহা কি প্রকারে প্রমাণ করা যায়?

2 Give a tabular sketch of the crystalline and amorphous allotropic modifications of carbon State the properties and uses of each of the varieties

২। কার্বনের স্ফটিকাকার ও অ[illegible]কার রূপগুলির ছক অ[illegible]কিয়া দেখাও। উহা দের প্র[illegible]কটির ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কর

3 Describe the methods of preparation of graphite and charcoal Describe the reactions that take place when charcoal is heated with concentrated nitric acid and concentrated sulphuric acid Give equations

৩। গ্রাফাইট ও কাঠকয়লার প্রস্তুতি ও ব্যবহার [illegible] কর। কাঠকয়লা [illegible] সহিত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও [illegible] সালফিউরিক [illegible] উত্তপ্ত করিলে যে বিক্রিয়া হয় তাহা সমীকরণ সহকারে [illegible]

4 That diamond graphite wood charcoal animal charcoal and gas carbon are all allotropic modifications of the same element carbon Describe the process for proving the above statement

৪ হীরক গ্রাফাইট কাঠকয়লা প্রাণিজ কয়লা ও গ্যাস কার্বন প্রভৃতি [illegible] একই মৌল কার্বনের রূপভেদ তাহা কিভাবে প্রমাণ কর [illegible]।

5 Describe the methods of preparation of soot and gas carbon State their uses

৫। ঝুল কয়লা ও গ্যাস কার্বনের উৎপাদন প্রণালী বর্ণনা ক[illegible] ইহাদের ব্যবহার সমূহ উল্লেখ কর।

6 Name four allotropic forms of carbon and state two uses of (a) charcoal (b) coal (Higher Secondary West Bengal 1963)

৬ কার্বনের চারটি বিভিন্ন রূপের নাম কর এবং (ক) চারকোল (খ) কয়লা—এই দুইটি রূপভেদের দুইটি করিয়া ব্যবহার উল্লেখ কর।

একবিংশ অধ্যায়

কার্বনের অক্সাইড (Oxides of Carbon)

কার্বনের দুইটি অক্সাইড আছে। একটি কার্বন ডাই অক্সাইড তাহার অণুতে একটি কার্বন ও দুইটি অক্সিজেনের পরমাণু বর্তমান এবং তাহার সংকেত CO_2। অপরটি কার্বন মনোক্সাইড তাহার অণুতে একটি কার্বন এবং একটি অক্সিজেনের পরমাণু বিদ্যমান এবং তাহার সংকেত CO। দুইটি অক্সাইডই সাধারণ অবস্থায় গ্যাসীয়।

কার্বন ডাই অক্সাইড

সংকেত—CO বাষ্পীয় ঘনত্ব 22 আণবিক ওজন 44।

অবস্থান মুক্ত অবস্থায় কার্বন ডাই অক্সাইড বায়ুতে সামান্য পরিমাণ (শতকরা 104 ভাগ আয়তনিক) দেখিতে পাওয়া যায়। যদিও বায়ুতে ইহার পরিমাণ এত কম তাহা হইলেও ইহা বায়ুর অতি প্রয়োজনীয় উপাদান। ইহা প্রাণীদের প্রশ্বাসে এবং কাঠ কয়লা প্রভৃতির দহনে এবং জৈব পদার্থের পচনক্রিয়ায় উৎপন্ন হইয়া বায়ুতে মিশিয়া যায়। বায়ুস্থিত এই কার্বন ডাই অক্সাইডের সাহায্যে উদ্ভিদ জাতির বৃদ্ধি সম্ভব হয়। অনেক সময় ভূপৃষ্ঠস্থ ফাটলের পথে ভূগর্ভ হইতে এই গ্যাস বাহির হয় এবং বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া ইহা ভূপৃষ্ঠের ঠিক উপরিভাগেই জমা হইয়া থাকে। এই গ্যাসের আবরণের ভিতর কোন প্রাণী যাইলে আর বাঁচে না। ইহার কারণ এই যে সেখানে অক্সিজেনের অভাবে প্রাণিগণ দমবন্ধ হইয়া মারা যায়। জাভায় একটি উপত্যকা আছে যাহার নাম দেওয়া হইয়াছে—মরণ উপত্যকা (Valley of Death)। সেই উপত্যকার নিম্নদেশে এই গ্যাসের তিন ফুট গভীর স্তর আছে। ফলে এই উপত্যকায় যে কোন মনুষ্যেতর প্রাণী হাটিয়া যাইতে গেলে মরিয়া যায়। ইটালির নেপল্‌সে গ্রোটো ডল কায়েন (Grotto del Cain) নামক পর্বতগুহায় এইরূপে কার্বন ডাই অক্সাইড ভূগর্ভ হইতে নির্গত হইয়া জমা হইয়া আছে।

মুক্ত অবস্থায় কার্বন ডাই অক্সাইড ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) রূপে খড়িমাটি (Chalk) চুনাপাথর (Limestone) এবং মার্বেল পাথরে (Marble) পাওয়া যায়। ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটরূপে ইহা ম্যাগনেসাইট (Magnesite, $MgCO_3$) নামক খনিজে পাওয়া যায়।

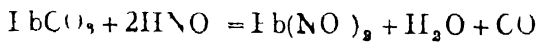
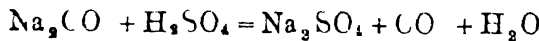
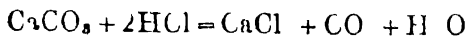
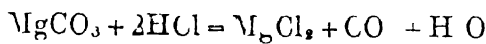
আবার ডোলোমাইট (Dolomite $CaCO_3$ $MgCO_3$) নামক খনিজে ইহা ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের যুক্ত কার্বনেটরূপে পাওয়া যায়।

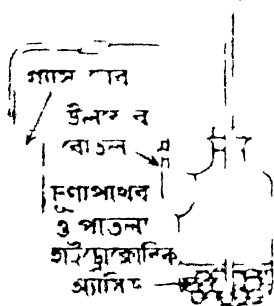
প্রস্তুতি —(1) পরীক্ষাগার প্রণালী ধাতব কার্বনেট বা বাইকার্বনেটের উপর খনিজ অ্যাসিডের বিক্রিয়া দ্বারা কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়। সমস্ত কার্বনেট যে কোন খনিজ অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস বুদ্বুদের আকারে (effervescence) বাহির হইয়া আসে। যথা —

$$MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + CO_2 + H_2O$$

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$$

$$PbCO_3 + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + H_2O + CO_2$$

পরীক্ষাগারে সাধারণতঃ মার্বেল পাথর টুকরার সহিত পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়াদ্বারা কার্বন ডাই অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

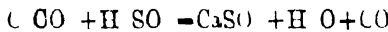
একটি উলফ বোতলে (Woulfe's bottle) কিছু মার্বেলের ছোট ছোট টুকরা লওয়া হয়। তারপর বোতলের দুইটি মুখ কর্কদ্বারা বন্ধ করা হয়। একটি কর্কের ভিতর দিয়া একটি লম্বানল ফানেল এবং অপর কর্কটির ভিতর দিয়া একটি নির্গম নল লাগানো হয়। নির্গম নলের সহিত রবার দিয়া আর একটি সমকোণে বাঁকানো নল লাগান হয়। সেই নলের শেষ প্রান্ত একটি সোজা করিয়া বসানো গ্যাস জারের শেষ প্রান্তে দিয়া রাখা হয়। লম্বানল ফানেল দিয়া পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দেওয়া হয়। অ্যাসিড

চিত্র নং 25

মার্বেল পাথরের সংস্পর্শে আসামাত্র কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস বুদবুদ্ সহকারে উঠিতে আরম্ভ করে এবং নির্গম নল দিয়া বাহিরে আসিতে থাকে। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া ইহাকে বায়ুর ঊর্ধ্ব অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সঞ্চয় করা হয়। $CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$

দেখিতে হইবে যে লম্বানল ফানেলের শেষ প্রান্ত সর্বদা অ্যাসিডের ভিতর ডুবিয়া থাকে। গ্যাস জারের মুখে একটি জলন্ত কাঠি ধরিলে যখন উহা নিবিয়া যাইবে তখন বুঝিতে হইবে যে গ্যাস জার কার্বন ডাই অক্সাইডে ভর্তি হইয়াছে।

এই কার্বন ডাই অক্সাইডের সহিত সামান্য পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বাষ্প মিশিয়া থাকে। ইহাকে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অবস্থায় পাইতে হইলে প্রথমে সোডিয়াম বাই কার্বনেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া ইহা অতিক্রম করাইয়া পরে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া পারদের অপভ্রংশ দ্বারা ইহাকে সংগ্রহ করিতে হয়।

দ্রষ্টব্য পূর্বে বলা হইয়াছে যে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত কার্বনেটের বিক্রিয়ার ফলে কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়। কিন্তু মার্বেলের সঙ্গে প্রথমে সলফিউরিক অ্যাসিডের কিছুটা বিক্রিয়া হয় বটে কিন্তু ইহার ফলে যে ক্যালসিয়াম সলফেট ($CaSO_4$) উৎপন্ন হয় তাহা জলে অদ্রবণীয় বলিয়া মার্বেলের উপরে একটি কঠিন আবরণের মত জমিয়া থাকে। তাহার ফলে সলফিউরিক অ্যাসিড মার্বেলের সংস্পর্শে আসিতে পারে না — বিক্রিয়াটি বন্ধ হইয়া যায়।

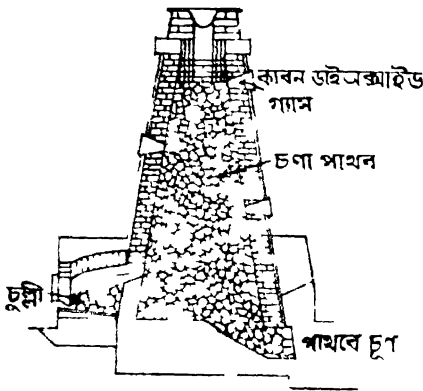
$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

(ii) পরীক্ষাগারে প্রয়োজনানুসারে কার্বন ডাই অক্সাইড সরবরাহের জন্য কিপ যন্ত্র ব্যবহৃত হইয়া থাকে। কিপ যন্ত্রের মধ্যের গোলকে মার্বেলের টুকরা রাখা হয় এবং উপরের গোলক দিয়া পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। যখন অ্যাসিড মার্বেলের সংস্পর্শে আসে তখন কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়। দরকার না হইলে নির্গম নলের স্টপ কক বন্ধ করিয়া দিলে মার্বেলের সহিত অ্যাসিডের সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয় এবং কিছুটা কার্বন ডাই অক্সাইড কিপের ভিতর জমা হইয়া থাকে।

(iii) কার্বন (কোক) এবং অনেক প্রকার জৈব পদার্থ (যথা তৈল কাষ্ঠ খড় প্রভৃতি) অতিরিক্ত বায়ুতে বা অক্সিজেনে পোড়াইলে কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $C + O_2 = CO_2$

(iv) ধাতব কার্বনেট (কেবল সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও বেরিয়াম কার্বনেট ব্যতীত) উত্তপ্ত করিলে উহারা বিয়োজিত হইয়া যায় এবং কার্বন ডাই অক্সাইড পাওয়া যায়।

$CaCO_3 = CaO + CO_2$ $MgCO_3 = MgO + CO_2$, $PbCO_3 = PbO + CO_2$

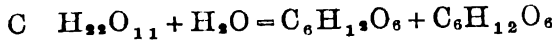
বাই কার্বনেট সমূ উত্তপ্ত করিলেও কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায়। বিশুদ্ধ কার্বন ডাই অক্সাইড পাইতে হইলে বিশুদ্ধ সোডিয়াম বাই কার্বোনেটকে উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন গ্যাসকে সলফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া পারদের উপর স গ্রহ করা হয়। $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$

পণ্য উৎপাদন (1) চুনাপাথর ($CaCO_3$) হইতে চুন প্রস্তুতের সময় প্রচুর কার্বন ডা অক্সাইড উপজাত (bye product) হিসাবে পাওয়া যায়। বর্তমানে **অবিরাম পদ্ধতিতে** চুনা পাথর (limestone) হইতে চুন তৈয়ারী করা হয়। তজ্জন্য ইট গাঁথিয়া (brick work) একটি শঙ্কু আকৃতির দীর্ঘ ও স লাদর ভাটি (kiln) তৈয়ারী করা হয়। এই ভাটির মাথায় য ফাঁক থাকে তাহা দিয়া ভাটির ভিতর চুনা পা র ফলিয়া ভাটিটি ভর্তি করা হয়। া র পর ফাঁকটি আলগাভাবে বন্ধ করা হয়। ই া টির নিম্নে ভাটির উপর

চিত্র ন 26

দিকে কার্বন ডাই অক্সা ড গ্যা স নির্গমনের জন্য নল লা ানো থাকে। ভাটির নীচের দিকে পাশে অবস্থিত উনা ন (fire place) কাক পোড়াইয়া আগুন জ্বালানো য়। ল কয়লার শিখা ও উত্তপ্ত গ্যাসের শিখা ভাটির নিম্না শ দিয়া প্রবেশ করে চু াপা রের মধ্য দিয়া উপর দিকে যায়। ইহাতে চুনা পাথর উত্তপ্ত হইয়া ভ া বিশ্লিষ্ট হয়। কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া যায় এবং উদ্ভূত চুন নীচের দিকে পাশে য দরজা থাকে তা া দিয়া বাহির করিয়া লওয়া হয়। চু বাহির ইলে উপরের ঢাকা সরাইয়া পুনরায় চুনাপাথর ভাটির ভিতর দেওয়া য়। এইভাবে ভাটিকে ঠাণ্ডা করার প্রয়োজন হয় না এব অবিরামভাবে চুন ও কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপাদন চলিতে থাকে।

(ii) চিনি বা গুড় হইতে কোহল প্রস্তুত করিবার সময় কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। চিনি বা গুড়ের দ্রবণে ইস্ট

(yeast) যোগ করিয়া গাঁজন বা সন্ধান প্রক্রিয়া প্রয়োগে (fermentation) অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

চিনি আঙ্গুর চিনি ফলের চিনি

Cane sugar Grape sugar Fruit sugar

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

আঙ্গুর চিনি কোহল

(ii) ম্যাগনেসাইট ($MgCO_3$) বা সোডিয়াম কার্বনেটের উপর পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস প্রচুর পরিমাণে উৎপাদন করা হয়।

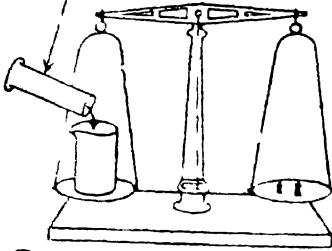
উপরে লিখিত যে কোন উপায়ে উৎপন্ন কার্বন ডাই অক্সাইডকে উচ্চ চাপে তরল করিয়া চোঙ্গে (cylinder) ভর্তি করিয়া বাজারে বিক্রয় করা হয়।

ধর্ম (i) কার্বন ডাই অক্সাইড একটি বর্ণহীন গ্যাস কিন্তু ইহার ঈষৎ গন্ধ এর সামান্য অম্ল স্বাদ আছে। (ii) এই গ্যাস মোটেই বিষাক্ত নয়, কিন্তু ইহার ভিতর জীবজন্তু থাকিলে অক্সিজেনের অভাবে দম বন্ধ হইয়া মরিয়া যায়। (iii) ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব 22 এবং ইহা বায়ু অপেক্ষা দেড় গুণ ভারী। নিম্নলিখিত উপায়ে ইহার ভারত্ব প্রমাণিত হয়।

(i) একটি গ্যাসজারে কার্বন ডাই অক্সাইড ভর্তি করা হয় এবং তাহার ভিতর বায়ুপূর্ণ সাবানের বুদ্‌বুদ্‌ ছাড়িয়া দেওয়া হয়। বুদ্‌বুদ্‌গুলি কার্বন ডাই অক্সাইডের ভিতর ভাসিতে থাকে।

(ii) জল যেভাবে এক পাত্র হইতে অন্য পাত্রে ঢালা যায় সেইভাবে কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস একপাত্র হইতে অন্য বায়ুপূর্ণ পাত্রে ঢালা যায়। গ্যাসটি যে অন্য পাত্রে বায়ু সরাইয়া জমা হইয়াছে তাহা প্রমাণ করিতে দ্বিতীয় পাত্রে চুনের জল যা া করিয়া ঝাঁকান হয়। তাহাতে চুনের জল ঘোলা হয় এবং তদ্দ্বারা দ্বিতীয় পাত্রে কার্বন ডাই অক্সাইডের উপস্থিতি প্রমাণিত হয়।

(iii) তুলাযন্ত্রে এক পাল্লার উপর দিকে মুখ করিয়া একটি বীকার রাখিয়া অপর পাল্লায় অন্য একটি সমাকৃতি বীকার ও ওজন যোগ করিয়া ইহাকে সম ওজন (counterpoise) করা হয়। তাহার পর একটি গ্যাসজার ভর্তি কার্বন ডাই-

অক্সাইড বীকারে ঢালিয়া দেওয়া হয়। বীকারের দিকের পাল্লা ভারী গ্যাস ঢালার জন্য নীচের দিকে নামিয়া যায়।

দাঁড়িপাল্লায় কার্বন ডাই অক্সাইডের ওজন লওয়া হইতেছে

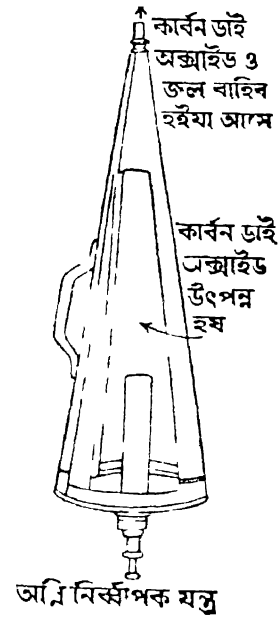
চিত্র। 27

(iv) কার্বন ডাই অক্সাইড জলে দ্রাব্য 15 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সাধারণ চাপে জলে প্রায় সম আয়তন পরিমাণ গ্যাস দ্রবীভূত হয়। কিন্তু চাপ বৃদ্ধি করিলে জলে ইহার দ্রাব্যতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। অতিরিক্ত চাপে সোডাওয়াটারের বোতলে অধিক পরিমাণ কার্বন ডাই অক্সাইড জলে দ্রবীভূত করিয়া নানাপ্রকার বাতান্বিত জল (aerated water) যথা সোডা লেমনেড প্রভৃতি পানীয় ক[illegible] বোতলের ছিপি খুলিয়া চাপ কমাইলে অতিরিক্ত গ্যাস বুদ্‌বুদের আকারে বাহির হয়।

(v) চাপ বৃদ্ধি করিলে সাধারণ উষ্ণতায় (32 সেন্টিগ্রেডের নিম্নে) কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস তরল হয়। ইস্পাত নির্মিত চোঙে (cylinder) অতিরিক্ত চাপে তরল কার্বন ডাই অক্সাইড বাজারে কিনিতে পাওয়া যায় এবং এই তরলটি হিমায়কযন্ত্রে (refrigerator) ব্যবহৃত হইয়া থাকে। তরল কার্বন ডাই অক্সাইডকে সহসা বাষ্পে পরিণত হইতে দিলেই উহার খানিকটা জমিয়া কঠিন কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন করে। কঠিন কার্বন ডাই অক্সাইড "শুকানো বরফ" (Dry ice) নামে আজকাল হিমায়ক যন্ত্রে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে। ইথারের সহিত কঠিন কার্বন ডাই অক্সাইড মিশ্রিত করিলে মিশ্রণটি প্রায় −100 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় নামিয়া যায়। এ মিশ্রণটিকে থিলোরিয়ারের মিশ্রণ (Thilorier mixture) বলে।

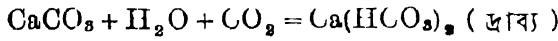
(vi) কার্বন ডাই অক্সাইড দাহ্য নয় এবং অপর বস্তুর দহনের সহায়ক নয়। যখন কোন দাহ্য বস্তুতে অগ্নি সংযোগ করিয়া অগ্নি প্রজ্বলিত করা হয় তখন জলন্ত অগ্নির উপর একটি গ্যাসজার হইতে কার্বন ডাই অক্সাইড ঢালিয়া দিলে অগ্নি নির্বাপিত হইয়া যায়। যদি একটি গ্যাসজারে কার্বন ডাই অক্সাইড ভর্তি করিয়া ঐ গ্যাসের ভিতর জলন্ত পাকাটি ঢুকাইয়া দেওয়া যায়, তাহা হইলে পাকাটির আগুন

নিভিয়া যায় এবং গ্যাসটিতেও আগুন ধরে না। আবার একটি পোর্সিলেনের খর্পরে কিছুটা বেনজিন ঢালিয়া অগ্নি সংযোগ করা হয় এবং যখন বেশ ভালভাবে আগুন জ্বলিয়া উঠে তখন তাহার উপর একটি গ্যাসজার হইতে কার্বন ডাই অক্সাইড ঢালিয়া দেওয়া হয়। তাহাতে অগ্নি সম্পূর্ণরূপে নির্বাপিত হইয়া যায়।

কার্বন ডাই অক্সাইডের এই ধর্মের উপর নির্ভর করিয়া ছোট ছোট অগ্নিকাণ্ড নির্বাপণ করিতে কার্বন ডাই অক্সাইডের ব্যবহার প্রচলিত হইয়াছে। অনেক প্রকার অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র বাজারে বাহির হইয়াছে। এই যন্ত্রগুলির মধ্যে সাধারণত একটি কাচনলে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড এবং অন্য একটি কাচনলে সোডিয়াম কার্বনেটের পাতলা দ্রবণ রাখিয়া নল দুইটি একটি শঙ্কু আকৃতির শক্ত ধাতব পাত্রের ভিতর স্থাপন করা হয়। একটি বর্তুলের (knob) সহিত একটি দণ্ড (plunger) যুক্ত করিয়া দণ্ডটি কাচনল দুইটির নীচে লাগাইয়া রাখা হয়। বর্তুলটিকে মাটিতে ঠুকিলে দণ্ডটি ভিতরে ঢুকিয়া কাচনল দুইটিকে ভাঙ্গিয়া ফেলে। তাহাতে সলফিউরিক অ্যাসিড সোডিয়াম কার্বনেটের সংস্পর্শে আসিয়া প্রচুর কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপাদন করে। ধাতব পাত্রটিকে এরূপভাবে রাখা হয় যে তাহার উপরের মুখ দিয়া জল ও কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাসের মিশ্রণ বেগে বাহির হইয়া আগুনের উপর নিক্ষিপ্ত হয়। তাহাতেই আগুন নিভিয়া যায়। আবার কতকগুলি যন্ত্রে এরূপ ভাবের ব্যবস্থা থাকে যে গ্যাসের চাপে জলধারা আগুনের উপর বর্ষিত হয়। কেরোসিন তৈল বা পেট্রোলের আগুন নিভাইতে যে যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তাহাতে কাচের নল দুইটির ভিতর যথাক্রমে ফটকিরির (alum) দ্রবণ এবং সোডিয়াম বাই কার্বনেটের দ্রবণ থাকে। নল দুইটি ভাঙ্গিয়া দিলে ফেনাযুক্ত কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং তাহাতে আগুন সহজেই নির্বাপিত হয়।

চিত্র ২৮

$$Al_2(SO_4)_3 + 6NaHCO_3 = 2Al(OH)_3 + 3Na_2SO_4 + 6CO_2$$

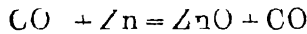
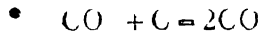
কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইলে প্রথমে যে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয় তাহা দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাই কার্বনেটে রূপান্তরিত হয়।

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2 \text{ (দ্রাব্য)}$$

চুনের জল এই অবস্থায় ঘোলা থাকে না পরিষ্কার হইয়া যায়। এই পরিষ্কার দ্রবণকে ফুটাইলে বাই কার্বনেট ভাঙ্গিয়া যায় এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট পুনরায় অধঃক্ষিপ্ত হয়। $Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$

এই ভাবে চুনের জলের সাহায্যে কোন গ্যাসে কার্বন ডাই অক্সাইডের অস্তিত্ব প্রমাণিত করা যায়।

(৪) লোহিত তপ্ত কার্বন কিম্বা দস্তা আবরণের উপর দিয়া কার্বন ডাই অক্সাইড পরিচালনা করিলে উহা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়।

$$CO_2 + C = 2CO$$

$$CO_2 + Zn = ZnO + CO$$

কার্বন ডাই অক্সাইডের ব্যবহার বাতান্বিত (aerated) জল প্রস্তুতে, সোডিয়াম কার্বনেট এর উৎপাদনে, অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র প্রস্তুতে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড প্রস্তুত এবং চিনি শোধনে গ্যাসীয় এবং তরল কার্বন ডাই অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। আজকাল শৈত্যকারকরূপে প্রচুর কঠিন কার্বন ডাই অক্সাইড ব্যবহৃত হইতেছে। তরল কার্বন ডাই অক্সাইড স্পিরিটকে (ট্রিগারকে) চালিত করিতে ব্যবহৃত হয়। বায়ুস্থিত কার্বন ডাই অক্সাইড উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও অস্তিত্বের জন্য উদ্ভিদ দ্বারা গৃহীত হয়। উহার মধ্যস্থিত কার্বন উদ্ভিদগণ তাহাদের খাদ্য প্রস্তুতে ব্যবহার করে।

অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রের কথা পূর্বেই বলা হইয়াছে।

কার্বন ডাই অক্সাইডের সংযুতি **তৌলিক সংযুতি (Composition by weight)** একটি পোর্সিলেনের নৌকা ওজন করিয়া তাহাতে অল্প একটু বিশুদ্ধ অঙ্গার চূর্ণ লইয়া পুনরায় তাহাকে ওজন করা হয়। নৌকাটি একটি মোটা শক্ত কাচনলের ভিতরে একপ্রান্তে রাখা হয় এবং সেই নলটির বাকী অংশটুকু দানাদার কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) দ্বারা ভর্তি করা হয়। নলটির দুইটি মুখ কর্ক দিয়া বন্ধ করা হয় এবং কর্ক দুইটির ভিতর দিয়া দুইটি সরু নল লাগাইয়া গ্যাস

চলাচলের ব্যবস্থা করা হয়। যেদিকে কার্বন যুক্ত নৌকাটি থাকে সেই দিকের সরু নলটির সাহায্যে শুষ্ক ও পরিশুদ্ধ অক্সিজেন গ্যাস মোটা কাচনলের ভিতর পরিচালনা করা হয়। এই অক্সিজেনের প্রবাহ নলের ভিতরের বায়ুকে অপর সরু নল দ্বারা বাহির করিয়া দেয়। একটি কস্টিক পটাস দ্রবণ দ্বারা আংশিকভাবে ভর্তি বাল্ব (bulb) একটি সোডা লাইম পূর্ণ নলের সহিত লইয়া ওজন করা হয়

চিত্র — 29

এব তা । ক অপর প্রান্তস্থিত দ্বিত নির্গম নলের সহিত যুক্ত করা য়। এই পটাস বা বের অন্যপ্রান্তে সাড লাই (Soda lime) পূর্ণ ল লাগান হইয়া থাকে যাহাতে প স দ্র ব জল াস প্রবাহে চিয়া যায় তা । শোষিত হইয়া থাকে। স ড লাইম ন বর স পরে আর একটি সাডা লা মপূর্ণ নল লাগান য তে বায়ু তে আগ র্বন ডাই অক্সা ড ও জলীয় বাষ্প শোষিত হয় উহার পর ওজন ক হ । নল চিত্রে দেখান য় ।হ। অতপর এইভাবে স জ্জ া তা লটিকে কটি র উপর অনুভূমিকভাবে রাখিয়া পীরে র প্রান্ত অ স্থ জা প্রথা ি প্রিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত করা হ এবং পরে পোর্সিলেন নাক স্থ কার্বনকে উত্তপ্ত করা য়। কার্বন পুড়িয়া কার্বন ডা অক্সাইডে পরিণত হয়। এব স কর্ব ত অক্সিজেন দ্বারা চালিত হইয়া পটাস বাল্ব প্রবেশ করে এ স ক দ্বারা শোষি । এইভাবে সমস্ত কার্বন পুড়া কার্বন ডা অক্সা ড য় এবং সমস্ত কার্বন ডা অক্সাইড প াস বাল্বে শোষি হ । যদি কিছু কার্বন া উৎপন্ন য় াহা উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সা ড দ্বা জারিত কার্বন ডা অক্সাইড পরি ত হ । প্রক্রিয়া শেষ হইলে চুল্লিটি ি া । দ্বা র কিন্তু মোট নলটি ঠাণ্ডা না হওয়া পর্যন্ত অক্সিজেন প্রবাহ চলিতেই থাকে। অতপর পটাস বালবটি সাডা লাইমের নলযুক্ত অবস্থায় খুলিয়া ওজন করা হয়। প াস বাল্বের যে জন বৃদ্ধি হয় তাহাই কার্বন ডাই অক্সাইডের পরিমাপ।

গণনা ধর নৌকার ওজন $= W_1$ গ্রাম

কার্বন সহ নৌকার ওজন $= W_2$ গ্রাম

কার্বনের ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম

পরীক্ষার পূর্বে সোডা লাইমের নলসহ পটাস বাল্‌বের ওজন $= W_3$ গ্রাম

পরীক্ষার পরে " " $= W_4$ গ্রাম

উৎপন্ন কার্বন ডাই অক্সাইডের ওজন $= (W_4 - W_3)$ গ্রাম

অতএব $(W_2 - W_1)$ গ্রাম কার্বন $(W_4 - W_3) - (W - W_1)$ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন করে।

ভালভাবে পরীক্ষাটি করিলে দেখা যায় যে কার্বন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত C O = ৩ 8।

সুতরাং 3 ভাগ কার্বনের সহিত 8 ভাগ অক্সিজেন যুক্ত হইয়া 11 ভাগ কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন করে।

পরীক্ষার দ্বারা নির্ণীত হইয়াছে যে কার্বন ডাই অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক = 22

কার্বন ডাই অক্সাইডের আণবিক ওজন $= 2 \times 22 = 44$

(M = 2D অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প)

এক্ষণে 44 ভাগ (11 × 4) কার্বন ডাই অক্সাইডের মধ্যে 12 ভাগ (3 × 4) কার্বন এবং 32 ভাগ (8 × 4) অক্সিজেন আছে।

কিন্তু 12 ভাগ কার্বন কার্বনের একটি পরমাণুর ওজন এবং 32 ভাগ অক্সিজেন অক্সিজেনের দুইটি পরমাণুর ওজন।

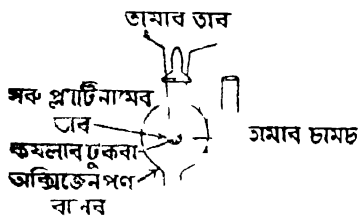
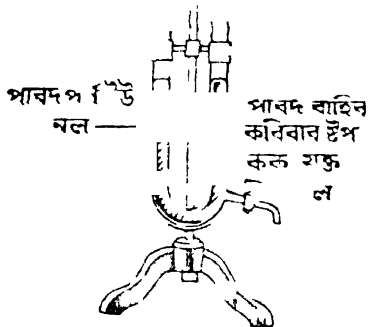
কার্বন ডাই অক্সাইডের সংকেত হইল CO_2

সাবধানতা (1) যন্ত্রের সংযোগ স্থলগুলি বায়ুনিরুদ্ধ হওয়া দরকার।

(2) ওজনগুলি অতি সাবধানে নির্ভুলভাবে লওয়া দরকার।

(3) কপার অক্সাইড ও অক্সিজেন বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হওয়া দরকার।

আয়তনিক সংযুতি (Volumetric composition) যন্ত্র পরীক্ষার যন্ত্রটি একটি U আকারের কাচের গ্যাসমান নল (eudiometer tube)। ইহার একপ্রান্ত খোলা এবং অপর প্রান্ত একটি গোলক (globe) আকারের করিয়া লওয়া হয়। গোলকের মুখে একটি বায়ু নিরুদ্ধ কাচের ছিপি (glass stopper) থাকে। এই ছিপির ভিতর দিয়া দুইটি কপারের মোটা তার প্রবেশ

করান হয়। একটি তারেব প্রান্তে গোলকের মধ্যস্থলে একটি ছোট তামার চামচ থাকে। অপর তারটির প্রান্ত চামচ স্পর্শ না করিয়া একটু উপরে থাকে। একটি সরু প্লাটিনামেব তারেব কুণ্ডলী চামচ ও অপর কপার তারকে স যুক্ত করে। U নলের খানা বাহুর নীচের দিকে কটি স্টপকক (stopcock) থা ।

চিত্র নং 30

পরীক্ষা প্রথমে ছিপি খুলিয়া ে লা ি য়া U নলটি ক পারদ পূর্তি করা হয়। প পর পারদ অপসারণ দ্বারা সম্পূর্ণ গোলকটি ও U নলের কিয়দংশ বিশুদ্ধ অক্সিজেন ি করিয়া লওয়া হয়। অত পর ছিপি ি লা াইয়া পকক খুলিয়া দিয়া দুইটি বাহুর প রদ এক ে লে আ য়া ি রের অক্সিজ কে বাহিরের বায়ুচাপে রাখা হয়।

তাহার পর চামচের উপর প্লাটিনাম ত রর স ি স পর্শ র্ব া া একখণ্ড কয়লা লওয়া হয় এব কয়লাসহ ছিপি । ী সম্ভব াকের মুখে লাগান য়। অক্সিজেনের আয়ত চিহ্নিত করিয় রা । পর বা ি রে অবস্থিত তামার তারের দুইটি প্র ন্তকে ড়িৎ উৎপাদক ব্যাটারীর বা কা রর দু মেরুর সহিত যোগ করা হয়। প্ল টি া া ার ি র া তড়িৎ প্রবাহিত ার ফলে সরু তারটি লোহিত প্ত য় এব কয়লাকে প্রজ্বলিত করে। হার ফলে কয়লা পুড়িয়া কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন য়। বিক্রিয়াটি শেষ লে ব্যা ারীর সহিত কপারের তারের স যোগ বিচ্ছিন্ন করা এ পাত্রটিকে ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হয়।

পর্যবেক্ষণ পাত্রটি শীতল হইলে দেখা যায় পারদ পূর্বকার তলেই আছে অর্থাৎ কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন ওয়ার ফলে গ্যাসের আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় নাই। সুতরা উৎপন্ন কার্বন ডাই অক্সাইডের আয়তন ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তনের সমান।

সিদ্ধান্ত কার্বন ডাই অক্সাইডে তাহার নিজ আয়তনের সমান আয়তন অক্সিজেন থাকে।

সংকেত গণনা পরীক্ষা হইতে দেখা যাইতেছে যে একই চাপ ও উষ্ণতায় x ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই অক্সাইডে x ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন থাকে।

1 ঘন সেন্টিমিটার 1 ঘন " " ।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে মনে কর প্রতি ঘন সেন্টিমিটার বর্তমানে কোন গ্যাসে উক্ত অবস্থায় অণুর সংখ্যা $= n$

n সংখ্যক কার্বন ডাই অক্সাইডের অণুতে n সংখ্যক অক্সিজেন অণু থাকে।

1টি কার্বন ডাই অক্সাইড অণুতে 1টি অক্সিজেন অণু থাকে। কিন্তু অক্সিজেন অণু দ্বি পরমাণুক।

1টি কার্বন ডাই অক্সাইড অণুতে 2টি অক্সিজেন পরমাণু আছে।

কার্বন ডাই অক্সাইডের সংকেত ধরা যাইতে পারে C_xO_2 যেখানে $x =$ কার্বনের পরমাণু সংখ্যা বা পূর্ণ সংখ্যা। সুতরাং ইহার আণবিক ওজন $= 12x + 32$।

পরীক্ষার দ্বারা দেখা যাইতেছে যে কার্বন ডাই অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক $= 22$

ইহার আণবিক ওজন $= 2 \times 22 = 44$

($M = 2D$ অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে)

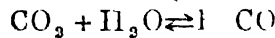
$$12x + 32 = 44$$

$$12x = 12$$

$$x = 1$$

কার্বন ডাই অক্সাইডের সংকেত হইতেছে CO_2

কার্বনেট ও বাই কার্বনেট পূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে যে জলে কার্বন ডাই অক্সাইডের দ্রবণ একটি অতি ক্ষীণ (weak) ও অস্থির (unstable) অ্যাসিড। এই অ্যাসিডের নাম **কার্বনিক অ্যাসিড**। এই অ্যাসিড কেবলমাত্র জলীয় দ্রবণে পাওয়া যায় পৃথকভাবে ইহার কোন অস্তিত্ব নাই।

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$$

ইহার সংকেতে দেখা যায় যে ইহার অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। এই দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু পৃথকভাবে এবং একত্রে ধাতু বা ধাতুকল্প যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়। যখন একটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হয় তখন যে লবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে **বাই কার্বনেট** বলে যথা—

$NaHCO_3$ (সোডিয়াম বাই কার্বনেট) NH_4HCO_3 (অ্যামোনিয়াম বাই কার্বনেট) $Ca(HCO_3)_2$ (ক্যালসিয়াম বাই কার্বনেট)। যখন দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুই ধাতু বা ধাতুকল্প দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় তখন যে লবণ পাওয়া যায়

তাহাকে কাবনেট বলে যথা, $Na_2CO_3\ 10H_2O$ (সোডিয়াম কার্বনেট)। $(NH_4)_2CO_3$ (অ্যামোনিয়াম কার্বনেট) $CaCO_3$ (ক্যালসিয়াম কার্বনেট)। কার্বনিক অ্যাসিড যদিও দ্রু স্থিত পদার্থ ইহার লবণগুলি সুস্থিত পদার্থ।

কার্বনেট ও বাই কার্বনেট প্রস্তুত করিতে কার্বন ডাই অক্সাইডের সহিত ক্ষার ও ক্ষারধর্মী অক্সাইডের বিক্রিয়া ঘটান হয়। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডএ সামান্য পরিমাণে কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস পরিচালনা করিয়া ক্ষারকে প্রশমিত (neutralisation) করিলে সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণের ভিতর কার্বন ডাই অক্সাইড অতিক্রম করাইলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট (সাদা) অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

সেইরূপ ক্ষারধর্মী অক্সাইডের সহিত কার্বন ডাই অক্সাইডের বিক্রিয়া কার্বনেট উৎপন্ন হয় — $Na_2O + CO_2 = Na_2CO_3$, $CaO + CO_2 = CaCO_3$

আরও অধিক পরিমাণ কার্বন ডাই অক্সাইড ক্ষারের দ্রবণের ভিতর অতিক্রম করাইলে বাই কার্বনেট উৎপন্ন হয় —

$$NaOH + CO_2 = NaHCO_3$$

$$Ca(OH)_2 + 2CO_2 = Ca(HCO_3)_2$$

দ্রষ্টব্য [illegible] সম
[illegible] সোডিয়াম
[illegible]

$$Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 = 2NaHCO_3$$

কেবল সোডিয়াম [illegible] কার্বনেট ছাড়া অন্য ধাতুর কার্বনেট জলে অদ্রাব্য। সোডিয়াম [illegible] কার্বনেট [illegible] খুব অল্প পরিমাণে দ্রাব্য। অন্য সমস্ত ধাতুর কার্বনেট জলে অদ্রাব্য। উত্তাপ দিলে সোডিয়াম ও পটাসিয়াম কার্বনেট গলিয়া যায় কিন্তু বিয়োজিত হয় না। অন্য ধাতুর কার্বনেট ($BaCO_3$ ছাড়া) উত্তাপ দিলে বিয়োজিত হইয়া ধাতব অক্সাইড ও কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন করে।

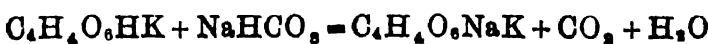
ধৌত সোডা ও বেকিং পাউডার ধৌত সোডা সোডিয়াম কার্বনেট। ইহা স্ফটিক জল (water of crystallisation) যুক্ত অবস্থায় উৎপন্ন হয়। যখন Na_2CO_3র এক অণু দশ অণু জলের সহিত যুক্ত অবস্থায় থাকে (Na_2CO_3, $10H_2O$) তখন তাহাকে **কাপড় কাচা সোডা** (washing soda) বলে।

ইহা উদত্যাগী (efflorescent) পদার্থ। এই কাপড়কাচা সোডাকে বাতাসে ফেলিয়া রাখিলে ইহা হইতে নয় অণু জল উড়িয়া যায় এব দানাদার সোডা পাউডার(soda crystals) $Na_2CO_3 \cdot H_2O$ পাওয়া যায়। আবার উত্তাপ দিয়া সমস্ত জল বাষ্পীভূত করিয়া তাড়াইয়া দিলে স্ফটিক জলশূন্য (anhydrous) সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায় তাহাকে সোডার ছাই (soda ash) বলে।

সোডিয়াম কার্বনেট অনেক প্রকারে দৈনন্দিন জীবনে ব্যবহৃত হয়। কাপড পরিষ্কার করিতে ইহার ব্যবহার সর্বজনবিদিত। বিভিন্ন শিল্পে প্রচুর পরিমাণে ইহা ব্যবহৃত হয়। সাবান কাচ, কাগজ কস্টিক সোডা উৎপাদনে জলের মৃদুকরণে সোডিয়ামের অন্য লবণ প্রস্তুতে এব পরীক্ষাগারে বিকারক (re agent) হিসাবে ইহার ব্যবহার উল্লেখযোগ্য।

সোডিয়াম বাই কার্বনেট ($NaHCO_3$) কার্বনিক অ্যাসিডের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু সোডিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপন দ্বারা সোডিয়াম বাই কার্বনেট পাওয়া যায়। ইহার আর এক নাম **সোডিয়াম হাইড্রোজেন কার্বনেট** এব **অ্যাসিড সোডিয়াম কার্বনেট** নামেও ইহা অভিহিত হয়। ইহা প্রস্তুত করিতে হইলে কস্টিক সোডার দ্রবণে অধিক পরিমাণে কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করাইয়া দ্রবণটিকে কলাসিত করিলে সোডিয়াম বাই কার্বনেটের কেলাস পাওয়া যায়। কস্টিক সোডার দ্রবণ হইতে ইহা অনেক সময় কঠিন সোডিয়াম বাই কার্বনেট রূপে উৎপন্ন হয়। সলভে প্রণালীতে (Solvay Process or Ammonia Soda Process) লবণের দ্রবণ হইতে সোডিয়াম কার্বনেটের পণ্য উৎপাদন সময়ে প্রথমে সোডিয়াম বাই কার্বনেট কঠিন পদার্থ হিসাবে পাওয়া যায়। ইহাকে সাধারণতঃ খাইবার সোডা নামে অভিহিত করা হয় এব ঔষধে ইহা ব্যবহৃত হয়। ইহা সোডা জল (soda water) প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। প্রধানত ইহা রুটি সেঁকিবার গুড়া (baking powder) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। রুটি ও বিস্কুট প্রস্তুত করিবার সময় সোডিয়াম বাই কার্বনেট পটাসিয়াম হাইড্রোজেন টারট্রেটের সহিত মিশাইয়া রুটি ও বিস্কুটের ময়দার সহিত মিশ্রিত করা হয়। উত্তাপ দিলে এই মিশ্রণ হইতে কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস উত্থিত হয়। ইহাতেই রুটি ও বিস্কুট ফুলিয়া উঠে এব ফাঁপা হয়।

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

$$C_4H_4O_6HK + NaHCO_3 = C_4H_4O_6NaK + CO_2 + H_2O$$

কার্বন চক্র (Carbon Cycle)ঃ প্রাণী ও উদ্ভিদ প্রশ্বাসের সহিত বায়ু হইতে অক্সিজেন টানিয়া লয় এবং নিশ্বাসের সহিত দেহ হইতে কার্বন ডাই অক্সাইড বাহিরে ছাড়িয়া দেয়। জৈব পদার্থের পচনে এবং কাঠ ও কয়লার দহনে বায়ুর অক্সিজেন ব্যবহৃত হয় এবং প্রভূত কার্বন ডাই অক্সাইড এই দুই প্রক্রিয়া দ্বারা উদ্ভূত হইয়া বায়ুর সহিত মিশিয়া যায়। যদি একমাত্র এই সমস্ত প্রক্রিয়াই চলিতে থাকিত তাহা হইলে ক্রমশ বায়ুর সমস্ত অক্সিজেন চলিয়া যাইত এবং বায়ু কার্বন ডাই অক্সাইডে পূর্ণ হইয়া যাইত। তাহা হইলে কোন প্রাণী বা উদ্ভিদ বাঁচিতে পারিত না। কিন্তু নিম্নলিখিত তিনটি কারণে বায়ুর অক্সিজেন ও কার্বন ডাই অক্সাইডের পরিমাণের সাম্য রক্ষিত হইয়া থাকে —

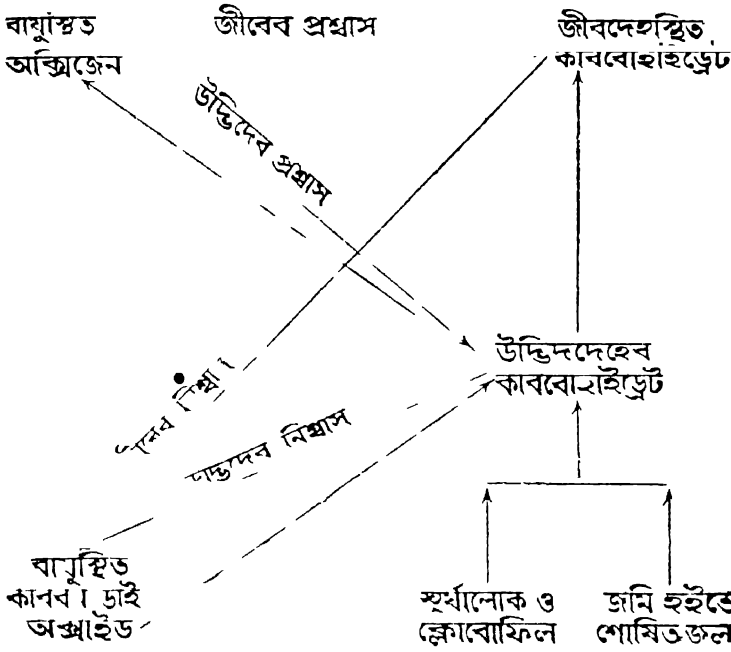
(i) উদ্ভিদ কার্বন ডাই অক্সাইড হইতে কার্বন খাদ্যরূপে গ্রহণ করে। এই কার্যে উদ্ভিদের পাতায় যে সবুজ পদার্থ বা **ক্লোরোফিল** (Chlorophyll) থাকে উদ্ভিদ্ তাহারই সাহায্য লইয়া থাকে। সূর্যালোকে এই ক্লোরোফিল কার্বন ডাই অক্সাইডকে ভাঙিয়া দেয় এবং কার্বন আত্মসাৎ করিয়া কার্বন ডাই অক্সাইডের সমান আয়তন অক্সিজেন বাহিরে ছাড়িয়া দেয়। এই কার্বন আলোর প্রভাবে উদ্ভিদের পাতাস্থিত জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া কার্বোহাইড্রেট (Carbohydrate) নামে একপ্রকার জৈব পদার্থ উৎপন্ন করে। সূর্যালোকে এইভাবে কার্বন গ্রহণ করিয়া কার্বোহাইড্রেট উৎপন্ন করার পদ্ধতিকে **আলোক সংশ্লেষণ** (Photo synthesis) বা **কার্বন আত্তীকরণ** (Carbon Assimilation) বলে। এ প্রক্রিয়ায় ক্লোরোফিল অনুঘটকের কার্য করে।

আলোক সংশ্লেষ দিনের বেলায় সূর্যের আলোকে সংঘটিত হয়। কাজেই উদ্ভিদের ক্ষেত্রে দুইটি বিপরীত ক্রিয়া সংঘটিত হইতে দেখা যায়। দিনের আলোয় উদ্ভিদ কার্বন ডাই অক্সাইড হইতে কার্বন গ্রহণ করিয়া অক্সিজেন পরিত্যাগ করে এবং রাত্রিতে অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া কার্বন ডাই অক্সাইড পরিত্যাগ করে। কিন্তু উদ্ভিদের অক্সিজেন গ্রহণের তুলনায় খাদ্যরূপে কার্বন ডাই অক্সাইড গ্রহণের পরিমাণ অনেক বেশী।

(ii) বায়ুর কার্বন ডাই অক্সাইডের কিছুটা বৃষ্টির জলে ও সমুদ্রের জলে দ্রবীভূত হইয়া অপসারিত হয়। কিছু গ্যাস সমুদ্রজলে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাই কার্বনেট লবণ গঠন করে।

(iii) বিভিন্ন প্রকার শিলা বায়ুর কার্বন ডাই অক্সাইড শুষিয়া লয় এবং

শিলাস্থিত বিভিন্ন ধাতুর কার্বনেট গঠন করে। এই প্রক্রিয়াকে **আবহ বিকার** (weathering) বলে।

কার্বন ডাই অক্সাইড চক্র নিম্নলিখিতভাবে দেখান হয় —

চিত্র নং ৩1

খনিজ জল (Mineral Water) —ভূ পৃষ্ঠের অভ্যন্তরে যে জল প্রবেশ করে তাহা পরে বিভিন্ন ছিদ্রপথে প্রস্রবণের আকারে বালি মাটি কাকর প্রভৃতি বিভিন্ন সচ্ছিদ্র স্তরের ভিতর দিয়া পরিস্রুত হইয়া বাহির হইয়া আসে। এই প্রস্রবণের জলে প্রলম্বিত অশুদ্ধি থাকে না। কিন্তু ইহাতে বহুবিধ লবণ জাতীয় পদার্থ এবং গ্যাসীয় পদার্থ দ্রবীভূত থাকে। ইহা স্বচ্ছ হয়। অতিরিক্ত পরিমাণ লবণ-জাতীয় বস্তু প্রস্রবণের জলে দ্রবীভূত থাকিলে উহাকে **খনিজ জল** বলা হয়। এই প্রকার খনিজ জলের বিশিষ্ট স্বাদ থাকে এবং তাহাতে রোগ নাশক গুণ বর্তমান থাকিতে দেখা যায়।

এই খনিজ জল নানাপ্রকারের হইয়া থাকে। (ক) **লবণাক্ত** (saline) জলে খাদ্য লবণ (NaCl) থাকে। (খ) সোডিয়াম বা লিথিয়াম বাইকার্বনেট

থাকিলে জল ক্ষারীয় (alkaline) হয়। এই প্রকার জলে বাত নিরাময় হয়। (গ) সোডিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম সলফেট দ্রবীভূত থাকিলে সেই জল কটু (bitter) হয়। এই জল জোলাপরূপে ব্যবহৃত হয়। (ঘ) কার্বন ডাইঅক্সাইড দ্রবীভূত থাকিলে সেই জলকে বাতান্বিত (aerated) জল বলে। ইহা পেটের গোলমালে বিশেষ উপকারী। আবার উক্তপ্রকার জলে স্নান করিলে কার্যক্ষমতা বাড়িয়া যায়। (ঙ) হাইড্রোজেন সলফাইড বা সোডিয়াম সলফাইড দ্রবীভূত থাকিলে সেই জলকে হেপ্যাটিক (hepatic) জল বলে। এই প্রকার জল যকৃতের রোগ নিরাময় করে। (চ) আয়রণ বাই কার্বনেট [$Fe(HCO_3)_2$] দ্রবীভূত থাকিলে সেই জল রক্তহীনতার ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়। (ছ) উষ্ণ জলের প্রস্রবণও দেখিতে পাওয়া যায় ... জল স্বাস্থ্যের পক্ষে ... কারী।

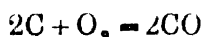
ভারতে ভুবনেশ্বর বাক্রেশ্বর, সীতাকুণ্ড বক্রেশ্বর প্রভৃতি স্থানে খনিজ জল দেখিতে পাওয়া যায় এবং এই ... এই সমস্ত স্থান বায়ু পরিবর্তনের স্থানরূপে বিখ্যাত।

কার্বন মনোক্সাইড

সংকেত—CO ... বিক ... জন—28 ... 14

অবস্থান ... কার্বন ... অবস্থায় ... পাওয়া যায়। কার্বন ... দ্রব্যের দহন ক্রিয়া ... বায়ু বা অক্সিজেনের অপ্রাচুর্য হয় সেইখানে কার্বন মনোক্সাইড ... পাওয়া যায়। কোল গ্যাসে, ওয়াটার গ্যাসে তামাকের ... চিমনির ... গ্যাসে ... চুল্লার (blast furnace) গ্যাসে কার্বন মনোক্সাইড ... থাকে।

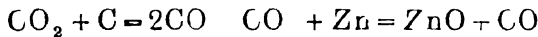
প্রস্তুত-প্রণালী ( ) **কার্বন হইতে** (ক) অতিরিক্ত বায়ুতে বা অক্সিজেনে কার্বন বা কয়লা পোড়াইলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2C + O_2 = 2CO$$

যখন বায়ু ব্যবহার করা হয় তখন কার্বন মনোক্সাইডের সহিত নাইট্রোজেন গ্যাস মিশিয়া থাকে। এই মিশ্রিত গ্যাসকে প্রডিউসার গ্যাস (Producer Gas) বলে। (খ) শ্বেত তপ্ত (white hot) কোকের উপর দিয়া স্টীম (steam) প্রবাহিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড এবং হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। এই মিশ্রিত গ্যাসকে জল গ্যাস (water gas) বলে।

$$C + H_2O = CO + H_2$$

এই জল গ্যাস জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হয়। (গ) কার্বনের সহিত জিঙ্ক অক্সাইড আয়রণ অক্সাইড প্রভৃতি কোন কোন ধাতব অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। $ZnO + C = Zn + CO$ $Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$

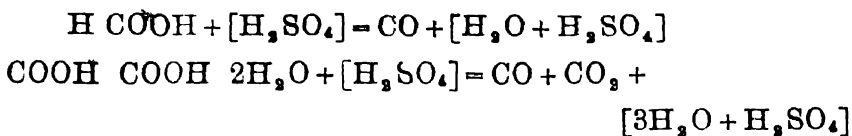
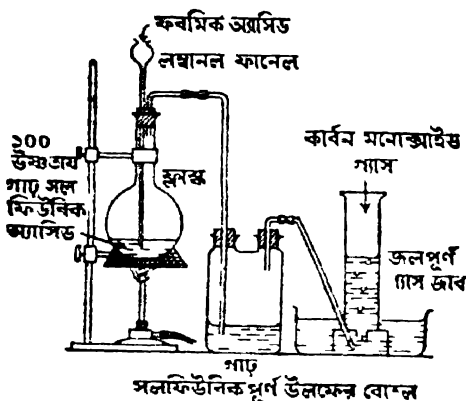
(2) **কাবন ডাইঅক্সাইড হইতে** উত্তপ্ত কার্বন আয়রণ বা জিঙ্কের উপর দিয়া কার্বন ডাই অক্সাইড প্রবাহিত করিলে কার্বন ডাই অক্সাইড বিজারিত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$CO_2 + C = 2CO \quad CO_2 + Zn = ZnO + CO$$

পার্সিলেনের নলের ভিতর কোক পুরিয়া চুল্লীতে তীব্রভাবে (1000 C) উত্তপ্ত করা হয়। পার্সিলেন নলের উভয় মুখ বন্ধ করি। একদিকে একটি গ্যাস প্রবেশ নল ও অন্যদিকে একটি গ্যাস নির্গমন নল লাগান হয়। কিপের যন্ত্রে কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপাদন করিয়া তাহাকে ধীরে ধীরে গ্যাস প্রবেশ নলের সাহায্যে পোর্সিলেন নলের উত্তপ্ত কার্বনের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। গ্যাস নির্গমন নল দিয়া যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে তাহাকে কস্টিক পটাসের পাতলা দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া জলের অপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। এইসময় উৎপন্ন গ্যাসের সহিত মিশ্রিত ডাইঅক্সাইড কস্টিক পটাসের দ্রবণ অপরিবর্তিত কার্বন ডাই অক্সাইড শোষণ করে।

জ্বলন্ত উনানের উপর যে নীল শিখা দেখা যায় তাহা কার্বন মনোক্সাইডের দহন হইতে উৎপন্ন। জ্বলন্ত উনানের নীচের দিকে বায়ুর অক্সিজেনের সহিত লোহিত তপ্ত কয়লার সম্পূর্ণ বিক্রিয়ার ফলে কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়। উহা তাপে হালকা হইয়া উপরে উঠিতে থাকে এবং লোহিততপ্ত কয়লার উপর দিয়া যাইবার সময় বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড গঠন করে। এই কার্বন মনোক্সাইডই নীল শিখার সহিত উনানের উপরে জ্বলে।

পরীক্ষাগার প্রণালী ফরমিক অ্যাসিড (Formic acid) একটি জৈব অ্যাসিড। ইহার সংকেত হইল H COOH। অক্জ্যালিক অ্যাসিড অন্য একটি জৈব অ্যাসিড। ইহার সংকেত হইল COOH COOH $2H_2O$। এই দুইটি জৈব অ্যাসিড হইতে উত্তপ্ত ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জলের উপাদান বাহির করিয়া লইলে কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া যায়। সলফিউরিক অ্যাসিডের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না।

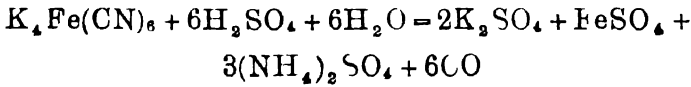
$$H\,COOH + [H_2SO_4] = CO + [H_2O + H_2SO_4]$$

$$COOH\ COOH\ 2H_2O + [H_2SO_4] = CO + CO_2 + [3H_2O + H_2SO_4]$$

একটি গোলতল ফ্লাস্কের মুখে ককের ভিতর দিয়া একটি বিন্দুপাতন ফানেল এব একটি গ্যাস নির্গমন নল লাগান হয়। ফ্লাস্কের ভিতর গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড লইয়া তাহাকে তারজালির উপর স্থাপন করিয়া 100 সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করা হয়। তাহার পর বিন্দুপাতন ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা ফরমিক অ্যাসিড উত্তপ্ত সলফিউরিক অ্যাসিডের উপর ফেলা হয়। উদ্ভূত কার্বন মনোক্সাইডকে কস্টিক পটাস দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া জলের উপর গ্যাস জারে সংগ্রহ করা হয়। কস্টিক পটাসের দ্রবণ সামান্য পরিমাণে উৎপন্ন কার্বন ডাইঅক্সাইড বা সলফার ডাইঅক্সাইড গ্রহণ করে।

চিত্র - 32

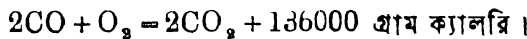
সোডিয়াম ফরমেট ফরমিক অ্যাসিডের একটি লবণ। ইহা কঠিন পদার্থ। একটি ফ্লাস্কের শুষ্ক কঠিন সোডিয়াম ফরমেট লইয়া তাহার উপর বিন্দুপাতন ফানেল হইতে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। তাহার পর ফ্লাস্কটিকে তারজালির উপর রাখিয়া উত্তপ্ত করা হয়। কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং ইহাকে জলের উপর গ্যাস জারে জল অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

অক্‌জ্যালিক অ্যাসিডের স্ফটিক কিছুটা একটি ফ্লাস্কে লইয়া ফ্লাস্কের মুখ কর্ক দিয়া বন্ধ করা হয়। কর্কের ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘনল ফানেল এবং একটি গ্যাস নির্গমন নল লাগান হয়। ফানেল দিয়া গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া অক্‌জ্যালিক অ্যাসিডের স্ফটিকগুলি ঢাকিয়া দেওয়া হয়। তাহার পর ফ্লাস্কটিকে একটি তারজালির উপর রাখিয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। কার্বন মনোক্সাইড এবং কার্বন ডাইঅক্সাইড সমপরিমাণে উৎপন্ন হয়। এই গ্যাসমিশ্রণকে গাঢ় কস্টিক পটাসের দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া জলের উপর কার্বন মনোক্সাইড সংগ্রহ করা হয়।

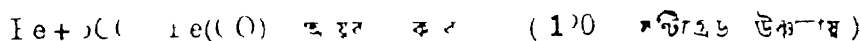
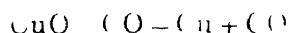
পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডের স্ফটিকের সহিত তাহার দশগুণ ওজনের গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া মিশ্রণটিকে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই বিশুদ্ধ গ্যাস ফসফোরাস পেন্ট অক্সাইড দ্বারা শুষ্ক করিয়া পারদের অপভ্রংশ দ্বারা গ্যাসজারে বিশুদ্ধ অবস্থায় সংগ্রহ করা যায়।

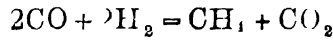
$$K_4Fe(CN)_6 + 6H_2SO_4 + 6H_2O = 2K_2SO_4 + FeSO_4 + 3(NH_4)_2SO_4 + 6CO$$

কাবন মনোক্সাইডের ধর্ম কার্বন মনোক্সাইড বর্ণহীন স্বাদহীন ও মৃদু গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা খুব বিষাক্ত গ্যাস। বায়ুতে লক্ষভাগে একভাগ কার্বন মনোক্সাইড থাকিলেই ইহার বিষক্রিয়া আরম্ভ হয়। যখন বায়ুতে শতকরা 0.06 ভাগ কার্বন মনোক্সাইড থাকে তখন প্রশ্বাসের সহিত সেই বায়ু কিছুক্ষণ গ্রহণ করিলেই মৃত্যু হওয়ার সম্ভাবনা। এই গ্যাস রক্তের হিমোগ্লোবিনের সহিত যুক্ত হইয়া লাল কারবক্সিহিমোগ্লোবিন গঠন করে। ইহাতে রক্তের অক্সিজেন গ্রহণ ক্ষমতা নষ্ট হইয়া যায়। ফলে শ্বাস গ্রহণকারী অক্সিজেনের অভাবে দম আটকাইয়া মারা যায়। আবদ্ধ ঘরে অপ্রচুর বায়ুতে কয়লা পোড়ানর সময় বা কেরোসিনের আলো বহুক্ষণ জ্বালানোর ফলে যে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহা প্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করার ফলে প্রায় মৃত্যু ঘটে। কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস জলে প্রায় অদ্রাব্য। কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস সহজেই তরল হয় কিন্তু কার্বন মনোক্সাইড অত্যন্ত শীতল না করিলে তরল হয় না। তরল কার্বন মনোক্সাইডের স্ফুটনাঙ্ক হইল −191 সেন্টিগ্রেড।

কার্বন মনোক্সাইড অপর বস্তুর দহনের সহায়ক নহে কিন্তু ইহা নিজে দাহ্য। ইহাতে বায়ু বা অক্সিজেনের সংস্পর্শে অগ্নি সংযোগ করিলে ইহা ঈষৎ নীল শিখায় সতত জ্বলিতে থাকে। জ্বলিবার ফলে ইহা জারিত হইয়া কার্বন ডাই অক্সাইডে পরিণত হয় এবং এই বিক্রিয়াটিতে তাপ উদ্ভূত হয়।

$$2CO + O_2 = 2CO_2 + 136000 \text{ গ্রাম ক্যালরি।}$$

এই কারণে কোল গ্যাস ওয়াটার গ্যাস প্রভৃতি জ্বালানি হিসাবে কাজ করে।

দুই ভাগ আয়তনিক পরিমাণ কার্বন মনোক্সাইডের সহিত এক ভাগ আয়তনিক পরিমাণ অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলে বিস্ফোরণ ঘটে।

কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা চার, কিন্তু কার্বন মনোক্সাইডে কার্বন দ্বিযোজী। সুতরাং ইহা অসম্পৃক্ত যৌগ (unsaturated compound) সেইজন্য ইহা সহজেই

বিভিন্ন অনুঘটকের উপস্থিতিতে কার্বন মনোক্সাইড হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া বিভিন্ন পদার্থ উৎপাদন করে। যেমন নিকেলের গুঁড়া অনুঘটকের উপস্থিতিতে 380 সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় মিথেন উৎপন্ন হয়।

$$2CO + 2H_2 = CH_4 + CO_2$$

ক্রোমিয়াম অক্সাইড ও জিঙ্ক অক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে 350 সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। $CO + 2H_2 = CH_3OH$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের (Cu_2Cl_2) দ্রবণে কার্বন মনোক্সাইড সহজেই দ্রবীভূত হয় এবং $CuCl.CO.2H_2O$ এই যৌগ গঠিত হয়। অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণ কার্বন মনোক্সাইডের শোষক (absorbent) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। নাইট্রোজেন হাইড্রোজেন প্রভৃতি গ্যাসের মিশ্রণ হইতে কার্বন মনোক্সাইড অপসারিত করিতে হইলে মিশ্রণকে অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইতে হয়। কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত মিশ্রিত কার্বন মনোক্সাইড অপসারিত করিতে হইলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড ব্যবহার করিতে হয়, কারণ কার্বন ডাই-অক্সাইড অ্যামোনিয়া দ্বারা শোষিত হয়।

কার্বন মনোক্সাইডের পরীক্ষা (i) কার্বন মনোক্সাইড নীল শিখার সহিত জ্বলে। এই শিখা দহন-সহায়ক (ambient) বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। পুড়িবার পর যে গ্যাস হয় তাহা স্বচ্ছ চূনের জলকে ঘোলা করে।

(ii) ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হয়।

এই দুইটি গুণের সাহায্যে এই গ্যাসকে সাধারণত চেনা যায়।

(iii) সামান্য পরিমাণ কার্বন মনোক্সাইড অন্য গ্যাসের সহিত মিশ্রিত থাকিলে নিম্নলিখিত **Vogel এর রক্ত পরীক্ষা** দ্বারা ইহাকে চেনা যাইতে পারে।

2 বা 3 ঘন সেন্টিমিটার খুব পাতলা রক্তের সহিত কার্বন মনোক্সাইড মিশ্রিত গ্যাস নাড়িয়া দেওয়া হয়। তাহাতে সদ্য প্রস্তুত অ্যামোনিয়াম সলফাইডের দ্রবণ দুই এক ফোঁটা যোগ করা হয়। দ্রবণকে বর্ণালী বীক্ষণযন্ত্র (Spectroscope) দ্বারা পরীক্ষা করিলে দুইটি শোষণ পটি (absorption band) দেখা যায়। এই শোষণ পটি দুইটির উপস্থিতি হইতে কার্বন মনোক্সাইডের অস্তিত্ব জানা যায়।

কাবন মনোক্সাইডের ব্যবহার কার্বন মনোক্সাইড জ্বালানি হিসাবে এব বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

কাবন মনোক্সাইডের আযতনিক স৲যুতি (Volumetric com position) একটি U আকৃতিব গ্যাস পরিমাপক যন্ত্রেব বদ্ধ বাহুতে কিছু বিশুদ্ধ ও শুষ্ক ক বন মনোক্সাইড গ্যাস পারদ অপসারণ দ্বাবা লওযা হইল। উক্ত বদ্ধ বাহুব পারের দিকে দুইটি প্লাটিনাম্ তার লাগান থাকে। তাহাব পব U নলের দুই বাহুতে পাবদ এক তল আনিযা গৃহীত গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করা হইল। মনে কর ইহা 10 ঘন সেন্টিমিটার। পবে উক্ত বদ্ধ বাহুতে পুনরায় পারদ অপসারণ দ্বারা সমআয়তন অক্সিজেন প্রবেশ করাইযা U নলের দুই বাহুতে পুনরায় পারদ একতলে আনিয়া গ্যাসমিশ্রণেব আয়তন পড়িয়া লওযা হইল। এই আয়তন হইল 20 ঘন সেন্টিমিটার। U নলের খোলা মুখ বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ দ্বারা বদ্ধ করিয়া সংযুক্ত প্লাটিনাম তারের সাহায্যে আবেশ কুণ্ডলীর সহিত সংযোগ স্থাপন করিয়া মিশ্রণের ভিতর দিয়া একটি তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ অতিক্রম করান হইল। কাবন মনোক্সাইড অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন করে। U নলকে শীতল করিয়া দুই বাহুতে পারদ একতলে আনিয়া অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন পঠিত হইল। দেখা গেল যে সেই আয়তন 15 ঘন সেন্টিমিটাব। U নলের খোলা মুখ দ্বারা পারদ ঢালিয়া সমস্ত খোলা বাহুটি পাবদ ভর্তি করা হইল। সেই পারদেব উপর একখণ্ড কঠিন কস্টিক পটাস রাখিয়া খোলামুখ বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ দ্বারা বদ্ধ করি । সমস্ত যন্ত্রটি কাত করিয়া কঠিন কস্টিক পটাসের খণ্ডটিকে বদ্ধ বাহুতে লওয়া হইল। উৎপন্ন কার্বন ডাই অক্সাইড কস্টিক পটাস দ্বারা শোষিত হইল। U নলের তলায় সংযুক্ত স্টপকক যুক্ত নির্গম নল খুলিয়া দিয়া U নলের দুই বাহুতে পারদ এক তলে আনা হইল। এবার অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন পাঠ করিয়া দেখা গেল যে উহা 5 ঘন সেন্টিমিটার। এই অবশিষ্ট গ্যাস যে অক্সিজেন তাহা ইহার দহনক্ষমতা ও ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্বারা সম্পূর্ণরূপে শোষিত হওয়া হইতে বোঝা যায়।

অতএব এই পরীক্ষা হইতে জানা যায় যে 10 ঘন সেন্টিমিটার কাবন মনোক্সাইড 5 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া 10 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। এক্ষণে 10 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই অক্সাইডে 10 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন আছে যেহেতু কার্বন ডাই অক্সাইডে তাহার নিজ আয়তনের

সমান অক্সিজেন আছে। এই 10 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেনের 5 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন ব্যবহৃত অক্সিজেন গ্যাস হইতে আসিয়াছে। বাকী 5 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন নিশ্চয়ই ব্যবহৃত কার্বন মনোক্সাইড হইতে আসিয়াছে। অতএব 10 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন মনোক্সাইডে 5 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন আছে।

এই আয়তনিক সংযুতি হইতে জানা যায় যে 2 আয়তন কার্বন মনোক্সাইডে 1 আয়তন অক্সিজেন আছে। ধরা যাউক 1 আয়তন যে কোন গ্যাসে n সংখ্যক অণু আছে।

$2n$ অণু কার্বন মনোক্সাইডে n অণু অক্সিজেন আছে।

অথবা 2 অণু কার্বন মনোক্সাইডে 1 অণু অথবা 2 পরমাণু অক্সিজেন আছে যেহেতু অক্সিজেনের অণু দ্বি পরমাণুক (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের অনুসিদ্ধান্ত)।

অতএব 1 অণু কার্বন মনোক্সাইডে 1 পরমাণু অক্সিজেন আছে।

অতএব কার্বন মনোক্সাইডের সংকেত হইল C_xO যেখানে x একটি পূর্ণ সংখ্যা। এখন কার্বন মনোক্সাইডের আপেক্ষিক গুরুত্ব জানা আছে 14 (যখানে $H=1$)

সুতরাং কার্বন মনোক্সাইডের আণবিক ওজন $=14\times 2=28$।

অতএব $12x+16=28$ অথবা $x=1$।

সুতরাং কার্বন মনোক্সাইডের যথাযথ আণবিক সংকেত হইল CO

কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাইঅক্সাইডের তুলনা

কার্বন ডাই-অক্সাইড	কার্বন মনোক্সাইড
১। বর্ণহীন ও অম্লগন্ধযুক্ত গ্যাস।	১। বর্ণহীন এবং সামান্য গন্ধযুক্ত গ্যাস।
২। বায়ু অপেক্ষা দেড়গুণ ভারী।	২। বায়ুর সমান ভারী।
৩। নিজে অদাহ্য এবং সাধারণত অপরের দহনের সহায়কও নহে। কেবল সোডিয়াম পটাসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম এই গ্যাসে জ্বলিয়া থাকে।	৩। নিজে দাহ্য কিন্তু অপরের দহনের সহায়ক নহে।
৪। বিষাক্ত নয় কিন্তু ইহাতে প্রশ্বাস লওয়া যায় না এবং অক্সিজেনের অভাবে মৃত্যু ঘটে।	৪। বিষাক্ত ইহা অতিরিক্ত মাত্রায় প্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলে মৃত্যু ঘটে।

with equations in the following cases —(a) carbon dioxide is continuously passed through lime water and then the solution so obtained is boiled (b) carbon dioxide gas is continuously pa ed through sodium hydroxide solution (c) carbon dioxide as is passed over redhot carbon (d) burning magnesium ribbon is introduced into a jar full of carbon dioxide and then dilute hydrochloric acid is poured into the jar

২। চুনা পাথর বা মার্বল পা র হইতে কার্বন ড ই অক্স ইড প্রস্তুত করিতে সলফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যায় না কেন তাহা ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও। নিম্নলিখিত অবস্থায় যে বিক্রিয়াগুলি সংঘটিত হয় তাহা সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর —(ক) চুনের জলের ভিতর ক্রমাগত কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল এবং পরে সেই দ্রবণ ফুটান হইল (খ) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ভিতর ক্রমাগত অধিক পরিমাণে কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল ; (গ) লোহিত তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করান হইল (ঘ) জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর তার কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাসে ভর্তি গ্যাসজারের ভিতর নামাইয়া দেওয়া হইল এবং পরে ঐ জারের ভিতর পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দেওয়া হইল।

3 Describe with a sketch the method of manufacture of carbon dioxide gas Write out the equation representing the reaction Give one proof of the acid character of the gas

৩। কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস পণ্য উৎপাদন কিভাবে নির্মিত হয় তাহা চিত্র সহকারে বর্ণনা কর। বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখিয়া দেখাও। কার্বন ডাই অক্সাইডের অ্যাসিড ধর্মের প্রমাণ উল্লেখ কর।

4 State in brief what you know about dry ice mineral water fire extinguisher washing soda and baking powder

৪। শুষ্ক বরফ, খনিজ জল, অগ্নিনির্বাপক যন্ত্র, কাপড় কাচা সোডা এবং বেকিং পাউডার সম্বন্ধে যাহা জান সংক্ষেপে লিখ।

5 Describe with a sketch of the apparatus the method by which the gravimetric composition of carbon dioxide is determined

৫। কার্বন ডাই অক্সাইডের যৌগিক সংযুক্তি যেভাবে নিরূপিত হইয়াছে তাহা যন্ত্রের চিত্র সহকারে বর্ণনা কর।

6 Describe the apparatus which is used to prove and the procedure followed to prove that carbon dioxide contains its own volume of oxygen

৬। কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাসে তাহার সম আয়তন অক্সিজেন থাকে এই তথ্য প্রমাণ করিতে কি প্রকার যন্ত্র ব্যবহৃত হয় এবং তদ্দ্বারা কিভাবে ইহা প্রমাণিত করা যায় তাহা বিশদ ভাবে বর্ণনা কর।

7 What is Carbon Cycle ? Describe exactly what you know about this cycle

৭। "কার্বন চক্র" কাহাকে বলে ? এই চক্র সম্বন্ধে যাহা জান সঠিকভাবে তাহা বর্ণনা কর।

8 State what products are obtained by the interaction of the following substances and show the reactions by equations in each case —(a) red hot carbon and air (b) white hot carbon and steam (c) red hot carbon and carbon dioxide (d) caustic potash and carbon dioxide

৮। নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির বিক্রিয়ার ফলে কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহা উল্লেখ কর এবং সমীকরণ দ্বারা বিক্রিয়াগুলি প্রকাশ কর —(ক) তপ্তকার্বন ও বায়ু (খ) শ্বেততপ্ত কার্বন ও জলীয় বাষ্প ; (গ) উত্তপ্ত অঙ্গার ও কার্বন ডাই অক্সাইড (ঘ) কষ্টিক পটাস ও কার্বন ডাই অক্সাইড।

9 Describe how pure and dry carbon monoxide is prepared in the laboratory State some of its important properties and its uses How can you prove the presence of carbon monoxide in any gas ?

৯। পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ এবং শুষ্ক কার্বন মনোক্সাইড যেভাবে প্রস্তুত করা হয় তাহা বর্ণনা কর। কার্বন মনোক্সাইডের কয়েকটি ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কর। কোনও গ্যাসে কার্বন মনোক্সাইডের উপস্থিতি কিভাবে প্রমাণ করা যায় ?

10 From a mixture of carbon dioxide and carbon monoxide how can you obtain (i) carbon monoxide and (ii) carbon dioxide separately in pure state ? How can you convert carbon monoxide into carbon dioxide and vice versa ?

১০ কার্বন মনোক্সাইড এবং কার্বন ডাই অক্সাইডের একটি মিশ্রণ হইতে কিভাবে (i) কার্বন মনোক্সাইড এবং (ii) কার্বন ডাই অক্সাইড পৃথক করিয়া বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যাইতে পারে ? কার্বন মনোক্সাইডকে কার্বন ডাই অক্সাইডে এবং কার্বন ডাই অক্সাইডকে কার্বন মনোক্সাইডে কিভাবে পরিণত করা যায় ?

11 Give a comparative account of the properties of carbon dioxide and carbon monoxide

১১। কার্বন ডাই অক্সাইড এবং কার্বন মনোক্সাইডের ধর্মগুলির একটি তুলনামূলক আলোচনা লিখ।

12 Explain chemically the following two facts —(a) blue flame at the top of a coke oven and (b) the white scum formed on the surface of limewater kept exposed to air

১২। নিম্নলিখিত দুইটি ঘটনার রাসায়নিক ব্যাখ্যা লিখ

(ক) কয়লার উনানের নীলাভ শিখা এবং (খ) চুনের জলকে বায়ুতে রাখার ফলে তাহার উপর উৎপন্ন সাদা সর।

13 Describe the equations the following reactions —(a) carbon dioxide gas is passed through sodium carbonate solution (b) carbon

monoxide gas is passed over heated caustic soda solution under pressure (c) carbon monoxide gas is passed through ammoniacal cuprous chloride solution (d) carbon monoxide is passed over heated copper oxide

১৩। সমীকরণ সহকারে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির ফল বর্ণনা কর —(ক) সোডিয়াম কার্বনেটে দ্রবণের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল (খ) উত্তপ্ত কষ্টিক সোডার দ্রবণের ভিতর চাপ সহযোগে কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল (গ) অ্যামোনিয়া ঘটিত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণের ভিতর কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল (ঘ) উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর দিয়া কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল।

14 Correlate the statements in the first column with those in the second column in the following —

First column	Second column
(i) An aqueous solution of carbon dioxide	(i) does not turn blue litmus red
(ii) Carbon monoxide gas	(ii) turns blue litmus solution slightly red
(iii) Carbon dioxide gas	(iii) is not absorbed by lime water
(iv) Carbon monoxide gas	(iv) is absorbed by lime water

১৪। নিম্নে প্রথম স্তম্ভে লিখিত বিষয়গুলির সহিত দ্বিতীয় স্তম্ভে লিখিত বিষয়গুলির সমন্বয় সাধন কর —

প্রথম স্তম্ভ	দ্বিতীয় স্তম্ভ
(i) কার্বন ডাই অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ	(i) নীল লিটমাস দ্রবণকে লাল করে না।
(ii) কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস	(ii) নীল লিটমাসের দ্রবণকে ফিকে লাল করে।
(iii) কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস	(iii) চুনের জল দ্বারা শোষিত হয় না
(iv) কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস	(iv) চুনের জল দ্বারা শোষিত হয়।

15 Describe the commercial preparation of carbon dioxide giving a labelled sketch of the kiln

State ıving equatıons what happens when carbon dıoxide ıs passed through (a) lime water (b) solution of common salt saturated with ammonia

Write a short note on carbon cycle

(West Ben al Hı her Secondaıy —1962)

১৫। কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপাদনের ভ াটির মার্কা দেওয়া ছবিসহ কার্বন ডাই অক্সাইডের পণ্য উৎপাদন পদ্ধতি বর্ণনা কর।

(ক) চু নর জলের এবং (খ) সাধারণ লবণের অ্যামোনিয়া দ্বারা সংপৃক্ত দ্রবণের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস চালনা করি ল কি ঘটে তাহা বর্ণনা ক এবং সমীকরণ দ ও। কার্বনচক্র সম্বন্ধে একটি নাতিদীর্ঘ আলোচনা লিখ।

16 Describe the preparation of carbon monoxide in the labora tory

Compare its properties with those of carbon dioxide

How could a as jar containin carbon monoxide be distinguished from a gas jar containing hydro en ?

(Hı her Secondary West I n al 1963)

১৬। কার্বন মনোক্সাইডের পর ক্ষাগার প্রস্তুত প্র ালী বর্ণন ক ।

কার্বন মনোক্সাইড ও ক বন ডাই অক্সাইডের ধর্মাবলীর তুলনামূলক আলোচনা ক ।

একটি কার্বন মনো ড পূর্ণ গ্যাসজা কে একটি হাইড্রোজেন পূর্ণ া স হ কি ভা ব পৃথক করিবে

17 Describe an exp riment by which the composition by wei ht of carbon dioxide may be determined

In one such experiment it was found that 0 66 m of carbon dioxide wa obtained from 0 18 gm of carbon From this result show how the formula of the gas may be deduced

Higher Secondary West Ben al 1963)

১৭। কার্বন ড ই অ া ডের ে ৌলিক স যু ু নি ে একটি দ্ধতি বর্ণনা কর।

এইরূপ একটি পর ক্ষ য দে গেল ে ০ ৬৬ গ্রাম কার্বন ড ড ০ ১৮ গ্র া ক র্বন হইতে প ওয়া গেল। দেখাও কিরূপে এই অঙ্ক হ ত কার্বন ড ই অ ই ড স কেত প ওয়া যায়।

18 Describe how it may be shown that carbon monoxide contains half its own volume of oxy en Show how the formula of the as can be deduced from thi resul it being iven that its relative density is 14

(Hı her Secordary West Bengal 1964)

১৮। কার্বন মনোক্সাইড হার নিজ আ তনের অর্ধেক অক্সিজেন আছে এইটি কিভাবে দেখান যায় তাহা বর্ণনা কর। এই ফলটি হইতে কিভাবে উক্ত গ্যাসটির স কে নি য় করা যায় তাহা দেখাও দেও আছে যে গ্যাসটির আপেক্ষিক রুত্ব ১৪।

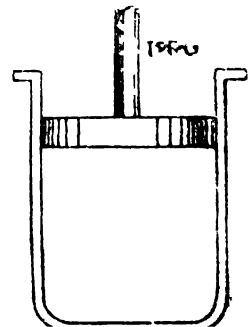
দ্বাবিংশ অধ্যায়

গ্যাসের আচরণ (Behaviour of Gases)

বয়েল সূত্র চার্লস সূত্র গ্যাসের সমীকরণ (Boyle s Law Charles' Law and Gas equation)

গ্যাসীয় পদার্থ ও তাহার বিশিষ্ট ধর্ম পদার্থ তিন প্রকার অবস্থায় দেখিতে পাওয়া যায় যথা কঠিন তরল ও গ্যাসীয়। উদা বণ হিসাবে আমরা জলের কথা বলি বরফ জল এব জলীয় বাষ্প জলের তিন অবস্থা। কঠিন তরল ও গ্যাসের ভৌত ধর্ম এক প্রকার ন । বিশেষত গ্যাসীয় পদার্থগুলির অবস্থাজনিত ধর্মের কিছু বৈশিষ্ট্য দেখিতে পাওয়া যায়। নির্দিষ্ট পরিমাণ কঠিন পদার্থের আকার ও আয়তন নির্দিষ্ট। নির্দিষ্ট পরিমাণ তরল পদার্থের আয়তন নির্দিষ্ট থাকে কিন্তু ই ব আকার নির্দিষ্ট নয়। াকে যে পাত্রে রাখা যায় ইহা সেই পাত্রের আকার ধারণ করে। গ্যাসীয় পদার্থের আকার ও আয়তন নির্দিষ্ট থাকে না। ইহা যে পাত্রে অবস্থান করে সেই পাত্রের সমস্ত স্থান অধিকার করিয়া থাকে। গ্যাসীয় পদার্থের আরও কতকগুলি বিশেষত্ব আছে। যথা (1) একটি পাত্রে গ্যাস রাখিয়া তাহার উপর চাপ প্রয়োগ করিলে গ্যাসের আয়তন কমিয়া যায়। আবার চাপ সরাইয়া লইয়া পূর্বাবস্থায় লইয়া আসিলে উ । পূর্বেকার আয়তনে ফিরিয়া আসে। ইহা সহজেই প্রমাণ করা যাইতে পারে। একটি পিষ্টন যুক্ত চোঙের ভিতর নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাস ভর্তি করিয়া পিষ্টনের উপর চাপ কমাইলে পিষ্টন উপরদিকে উঠিবে এব গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পাইবে। পিষ্টনের উপর চাপ বাড়াইলে আয়তন কমিয়া যাইবে এব একই পরিমাণ গ্যাসের আয়তন বিভিন্ন হইবে। ইহা হইতে বুঝা যায় যে গ্যাসীয় পদার্থ সঙ্কোচনশীল।

চিত্র ন 83

(2) গ্যাসীয় পদার্থ মাত্রেই স্বচ্ছ এব সাধারণত অদৃশ্য; কিন্তু জড় পদার্থ হিসাবে গ্যাসীয় পদার্থের ওজন আছে।

(৪) প্রত্যেক গ্যাসীয় পদার্থের যে কোন অবস্থায় একটি চাপ আছে। এই চাপ গ্যাসীয় পদার্থ যে পাত্রে থাকে তাহার উপর দিয়া থাকে। বায়ু গ্যাসীয় পদার্থ এবং সেই কারণে ইহারও চাপ আছে। ম্যাগডেবার্গ তাঁহার নামীয় অর্ধগোলক দ্বারা এবং আরও অনেক অন্যান্য পরীক্ষা দ্বারা বায়ুমণ্ডলীর চাপ প্রমাণিত করিয়াছেন। বায়ুমণ্ডলীর এই চাপ সম্বন্ধে টরিসেলী বিশিষ্ট প্রমাণ দিয়াছেন।

টরিসেলীর পরীক্ষা প্রায় তিন ফুট লম্বা এক মুখ বন্ধ একটি কাচের নল লইয়া পারদ ভর্তি করা হয়। তাহার পর তাহার খোলা মুখ বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ দ্বারা বন্ধ করিয়া উল্টাইয়া ধরা হয়। এই অবস্থায় নলটিকে একটি পারদপূর্ণ পাত্রে নামাইয়া দিয়া খোলা মুখটি সম্পূর্ণরূপে পারদের নীচে রাখিয়া আঙ্গুলটি সরাইয়া লওয়া হয়। দেখা যায় যে নলের ভিতর খানিকটা পারদ নামিয়া যায়, কিন্তু বাকী অধিকাংশ পারদই নলের ভিতর থাকে। নলের ভিতর পারদের উপরের স্থানটি শূন্য থাকে কারণ সেখানে বাতাস মোটেই ঢুকিতে পারে নাই। এই স্থানটিকে **টরিসেলীর ভ্যাকুয়াম** (Torricelli s vacuum) বলে। বাহিরের পাত্রে অবস্থিত পারদের পৃষ্ঠদেশ হইতে মাপিলে নলের ভিতরের পারদের উচ্চতা প্রায় 30 ইঞ্চি বা 70 সেন্টিমিটার হইবে। পারদ অত্যন্ত ভারী হওয়া সত্ত্বেও নীচে নামিয়া আসে না। ইহা হইতে বুঝা যায় যে পাত্রের পারদের উপর বায়ুমণ্ডলের চাপ পড়িতেছে এবং এই বায়ুমণ্ডলের চাপই নলের ভিতরের পারদের ভরকে বহন করিতেছে। অতএব এই পারদস্তম্ভের ওজন ও বায়ুমণ্ডলের চাপ সমান। ইহা হইতে বায়ুমণ্ডলের চাপ মাপিবার ব্যবস্থা হইয়াছে।

বিভিন্ন স্থানে এবং বিভিন্ন উচ্চতায় পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে ভিন্ন ভিন্ন স্থানে ভিন্ন ভিন্ন উচ্চতায় নলের ভিতর পারদের উচ্চতা বিভিন্ন হয়। তাহা হইতে বুঝা যায় যে বিভিন্ন স্থানে এবং বিভিন্ন উচ্চতায় চাপের পরিমাণ বিভিন্ন হয়। 0 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বিষুবরেখার নিকট সমুদ্র সমতলে বায়ুমণ্ডলীর চাপ প্রতিবর্গ সেন্টিমিটারে 76 সেন্টিমিটার উচ্চ পারদ স্তম্ভের ওজনের সমান। এই চাপের পরিমাণ সাধারণত ডাইন এ (Dyne) প্রকাশ করা হয়। 76 সেন্টিমিটার উচ্চতার পারদের চাপ প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে $(h \times \rho \times g) = 76 \times 13.6 \times 981$ ডাইন অর্থাৎ 1.01×10^6 ডাইন। এই চাপ প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে 15 পাউণ্ড বা প্রায় সাড়ে সাত

সের। এই চাপকে এক বায়ুমণ্ডলের চাপ (one atmosphere pressure) বলে। এই চাপকে **প্রমাণ চাপ** (Normal বা Standard pressure) বলে।)

অনেক সময়ে বায়ুমণ্ডলের চাপ বা কোন গ্যাসীয় পদার্থের চাপ ডাইনে প্রকাশ না করিয়া কেবলমাত্র পারদস্তম্ভের উচ্চতাদ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন কোন গ্যাসের চাপ = 60 সেন্টিমিটার বলিলে বুঝিতে হইবে যে প্রতিবর্গ সেন্টিমিটারে চাপটি 60 সেন্টিমিটার পারদস্তম্ভের ওজনের সমান। এই চাপকে $\frac{60}{76}=\frac{15}{19}$ বায়ুমণ্ডলের চাপও বলে।

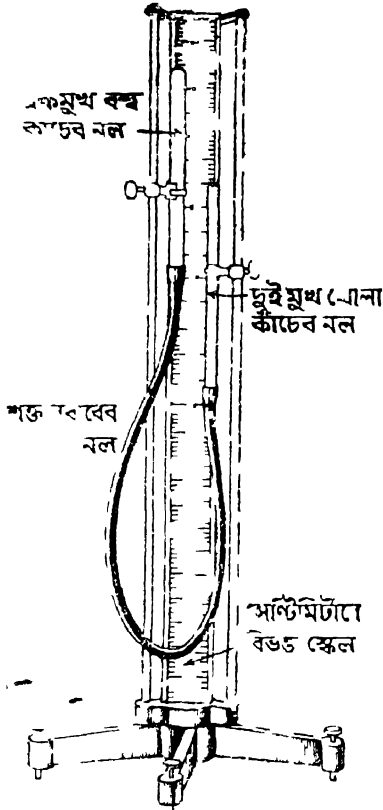
0 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতাকে **প্রমাণ উষ্ণতা** (Normal temperature) বলে।

বায়ুমণ্ডলের চাপ ও উষ্ণতা নানা কারণেই প্রতিনিয়তই পরিবর্তিত হয়। আবার নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন চাপ ও উষ্ণতার সঙ্গে পরিবর্তিত হয়। সেইজন্য বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন তুলনা করিবার জন্য তাহাদের বিভিন্ন চাপে ও উষ্ণতায় উল্লিখিত আয়তনগুলিকে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় আনা হয়।

কোন গ্যাসীয় পদার্থের কেবলমাত্র আয়তন উল্লেখ করিলেই তাহার কোন পরিমাণ স্থির নির্ণয় হয় না কারণ চাপ ও উষ্ণতার সামান্য পরিবর্তনে গ্যাসের আয়তনের প্রভূত পরিবর্তন সংঘটিত হয়। গ্যাসের উপর চাপের প্রভাব বয়েল তাহার নিজের উদ্ভাবিত যন্ত্রে পরীক্ষাদ্বারা প্রথমে আবিষ্কার করেন এবং তাঁহার লব্ধ ফল **বয়েল সূত্র** রূপে পরিচিত। আর গ্যাসের উপর তাপের প্রভাব চার্লস্ পরীক্ষা দ্বারা নির্ণয় করেন এবং তাহা **চালস সূত্র** নামে অভিহিত হয়।

বয়েল সূত্র (Boyle's Law) পূর্বেই পিষ্টনযুক্ত চোঙে গ্যাস লইয়া দেখান হইয়াছে যে চাপ বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের আয়তন কমে এবং চাপ কমাইলে গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। ইহা সূত্রাকারে নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হইয়াছে

নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট ওজনের যে-কোন গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে (inversely) পরিবর্তিত হয় অর্থাৎ চাপের বৃদ্ধি ও হ্রাসের অনুপাতে আয়তন যথাক্রমে কমিবে ও বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইবে।

নির্দিষ্ট ওজনের গ্যাস চোঙে ভর্তি করিয়া যে কোন চাপে তাহার আয়তন দেখা হইল। তাহার পর উক্ত গ্যাসের উপর পিষ্টনের সাহায্যে চাপ যদি দ্বিগুণ করা হয় তবে উহার আয়তন পূর্ব আয়তনের অর্ধেক হয়। আবার গ্যাসের উপর চাপ যদি এক তৃতীয়াংশ করা যায় তবে উহার আয়তন পূর্ব আয়তনের তিনগুণ হয়।

বয়েলের যন্ত্র

চিত্র নং 34

এই তথ্যটি বয়েল নিজের উদ্ভাবিত যন্ত্র সাহায্যে প্রমাণ করেন। সেই যন্ত্রের ছবি এখানে দেখান হইল। কিভাবে এই যন্ত্র দ্বারা পরীক্ষা কার্য করা হয় তাহা যে কোন পদার্থবিদ্যার পুস্তকে দেখিতে পাওয়া যাইবে।

অঙ্কের সাহায্যে সূত্রটিকে সহজে প্রকাশ করা যাইতে পারে। মনে করা যাউক কোন নির্দিষ্ট ওজনের গ্যাসের চাপ P এবং আয়তন V, বয়েলের সূত্র অনুসারে—

V ∝ 1/P যদি উষ্ণতার কোন পরিবর্তন না হয়।

$V = K \cdot 1/P$ যেখানে K একটি নির্দিষ্ট সংখ্যা (Constant)

$$PV = K$$

যদি চাপ P_1এ উক্ত নির্দিষ্ট ওজনের গ্যাসের আয়তন V_1 হয়

তবে $P_1V_1 = K$ সেইরূপ $P_2V_2 = K = P_3V_3 =$

(যেখানে P_2 P_3 প্রভৃতি পরিবর্তিত চাপ এবং V_2 V_3 সেই সময়ের পরিবর্তিত আয়তন)

বয়েল সূত্র সমস্ত গ্যাসীয় পদার্থের (যথা হাইড্রোজেন অক্সিজেন বায়ু প্রভৃতি) প্রতিই প্রযোজ্য।

গ্যাসের চাপ ও ঘনাঙ্ক মনে করা যাউক M ওজনের কোন গ্যাসের চাপ P এবং তখন উহার আয়তন V এবং ঘনাঙ্ক D এবং চাপ পরিবর্তিত করিয়া P_1 করিলে উহার আয়তন হয় V_1 এবং ঘনাঙ্ক হয় D_1

এক্ষণে ওজন $M = V \times D = V_1 \times D_1$ $\quad V/V_1 = D_1/D$

বয়েল সূত্রানুসারে $\frac{V}{V_1} = \frac{P_1}{P}$ $\quad \frac{D_1}{D} = \frac{P_1}{P}$

ঘনাঙ্ক চাপের সহিত সমানুপাতিক অর্থা $D \propto P$

উদাহরণ 1 নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 300 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেনকে 700 মিলিমিটার চাপ হইতে 900 মিলিমিটার চাপে লওয়া হইলে উহার আয়তন কত হইবে ?

গ্যাসের চাপ ছিল = 700 মিলিমিটার এবং আয়তন = 300 ঘন সেন্টিমিটার। বর্তমান চাপ = 900 মিলিমিটার এবং মনে কর তখন আয়তন হইল V ঘন সেন্টিমিটার।

অতএব বয়েলের সূত্রানুসারে, $900 \times V = 700 \times 300$

অথবা $V = \frac{700 \times 300}{900}$ অথবা $\frac{700}{3}$ ঘন সেন্টিমিটার

$= 233.3$ ঘন সেন্টিমিটার (উত্তর)

উদাহরণ 2 100 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস চাপবৃদ্ধির ফলে 40 ঘন সেন্টিমিটার হইল। উহার পূর্বের চাপ 57 সেন্টিমিটার থাকিলে বর্তমান চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের কত গুণ হইবে ? উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিবে।

মনে কর বর্তমান চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপের P গুণ।

পূর্ববর্তী চাপ ছিল = 57 সেন্টিমিটার = $\frac{57}{76}$ বা $\frac{3}{4}$ বায়ুমণ্ডলের চাপ।

(3/4 অ্যাট্‌মোসফিয়ার)

বয়েলের সূত্রানুসারে $PV = P_1V$ $\quad \frac{3}{4} \times 100 = P \times 40$

$$P = \frac{3}{4} \times \frac{100}{40} = \frac{15}{8}$$ বায়ুমণ্ডলের চাপ = $\frac{15}{8}$ অ্যাটমোসফিয়ার।

উদাহরণ 3 এক বায়ুমণ্ডলের চাপে (76 সেন্টিমিটার) অবস্থিত 100 ঘন সেন্টিমিটার নাইট্রোজেনকে 3 লিটার (3000 ঘন সেন্টিমিটার) আয়তনের একটি পাত্রে ভরিলে গ্যাসের চাপ কত হইবে ? উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিবে।

বয়েলের সূত্রানুসারে $PV = P_1V_1$

ধরা যাউক যে নূতন চাপ P_1 সেন্টিমিটার হইবে।

$$76 \times 100 = P_1 \times 3000$$

$$P_1 = \frac{76 \times 100}{3000} \text{ সেন্টিমিটার}$$

$= \frac{৩৮}{১}$ সেন্টিমিটার = 2.53 সেন্টিমিটার।

উদাহরণ 4 একটি 200 ঘন সেন্টিমিটার বোতলে কিছু কঠিন পদার্থ আছে এব কিছু নাইট্রোজেন গ্যাস আছে। নাইট্রোজেন গ্যাসের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান অর্থাৎ 76 সেন্টিমিটার। নাইট্রোজেনের উপর চাপ বাড়াইয়া পাঁচগুণ করা হইল এব তখন কঠিন পদার্থ সমেত গ্যাসের আয়তন 90 ঘন সেন্টিমিটার হইল। কঠিনের আয়তন কত? উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিবে।

মনে করা যাউক কঠিনের আয়তন = V ঘন সেন্টিমিটার। চাপে কঠিনের আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না।

নাইট্রোজেনের 76 সেন্টিমিটার চাপে আয়তন = (200 − V) ঘন সেন্টিমিটার এব 5 × 76 সন্টিমিটার চাপে আয়তন = (90 − V) ঘন সেন্টিমিটার

অতএব বয়েল সূত্রানুসারে

$$76 \times (200 - V) = 5 \times 76 \times (90 - V)$$

$$200 - V = 450 - 5V$$

$$5V - V = 450 - 200 \text{ অথবা } 4V = 250$$

V = [illegible] ঘন সেন্টিমিটার = 62.5 ঘন সেন্টিমিটার।

উদাহরণ 5 0 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 76 সেন্টিমিটার চাপে নাইট্রোজেনের ঘনত্ব = 14। উষ্ণতা স্থির রাখিয়া চাপ তিনগুণ বাড়াইলে ঘনত্ব কত হইবে?

চাপ পূর্বে ছিল = 76 সেন্টিমিটার। নূতন চাপ = 3 × 76 সেন্টিমিটার।

মনে করা যাউক নূতন ঘনত্ব = D_1

বয়েলের সূত্রানুসারে

$$\frac{D_1}{D} = \frac{P_1}{P} \qquad \frac{D_1}{14} = \frac{3 \times 76}{76} \qquad D_1 = 42\text{।}$$

উদাহরণ 6 এক গুণ বায়ুমণ্ডলের চাপে অক্সিজেনের ঘনত্ব 16। উষ্ণতা স্থিরাঙ্কে রাখিয়া চাপ কত গুণ বৃদ্ধি করিলে অক্সিজেনের ঘনত্ব 32 হইবে?

এখানে $D_1 = 32 \quad D = 16$

$P_1 = ? \quad P =$ এক গুণ বায়ুমণ্ডলের চাপ

$$\frac{D_1}{D} = \frac{P_1}{P} \text{ অথবা } \frac{32}{16} = \frac{P_1}{1} \qquad P_1 = 2$$

অথবা নূতন চাপ = দুই গুণ বায়ুমণ্ডলের চাপ = 2 অ্যাট্মোসফিয়ার।

চার্লসের সূত্র (Charles' Law)। চাপ অপরিবর্তিত রাখিয়া উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় এবং উষ্ণতা কমাইলে আয়তন কমিয়া যায়। তাপের মাত্রার পরিবর্তনের সহিত গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন বিষয়ে বিজ্ঞানী চার্লস্ সম্যক পরীক্ষা দ্বারা লব্ধ ফল সূত্রাকারে প্রকাশ করিয়াছেন। কিন্তু সূত্রটি উল্লেখ করিবার আগে বলিতে হয় যে সকল গ্যাসীয় পদার্থই তাপমাত্রার পরিবর্তনে একই ভাবে প্রসারিত বা সঙ্কুচিত হয়। ইহা প্রমাণ করিতে নিম্নলিখিত ভাবে পরীক্ষা কার্য চালান যাইতে পারে।

কতকগুলি শক্ত কাচের বোতলের মুখ রবারের ছিপি দিয়া বন্ধ করা হয়। ছিপির মধ্য দিয়া সরু কাচ নলকে সমকোণে বাঁকাইয়া লাগান হয়। ভিন্ন ভিন্ন বোতলে ভিন্ন ভিন্ন গ্যাস ভর্তি করা হয়। নলের মুখ পারদের ভিতর ডুবাইয়া বোতলগুলিকে সামান্য উত্তপ্ত করিয়া পরে ঠাণ্ডা করিয়া সরু নলের ভিতর এক ফোঁটা পারদ তুলিয়া লওয়া হয়। পরে বোতলগুলিকে অনুভূমিকভাবে একই জলপাত্রে জলভর্তি করিয়া জলের ভিতর সরু নলের মুখ উপরদিকে করিয়া শোয়াইয়া রাখা হয়। তখন দেখা যাইবে যে প্রত্যেক নলে পারদ একইস্থানে অবস্থান করে। পরে জলকে উত্তপ্ত করিলে দেখা যায় যে প্রত্যেক সরু নলে পারদ একই ভাবে উপরে উঠে। ইহা হইতে বুঝা যায় যে সকল গ্যাসই একই উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য সমভাবে প্রসারিত হয়।

চার্লসের সূত্রটি নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হইয়া থাকে **"চাপ অপরিবর্তিত রাখিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের 1 সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে উক্ত গ্যাসের 0 সেণ্টিগ্রেডে যে আয়তন থাকে সেই আয়তনের $\frac{1}{273}$ ভগ্নাংশ পরিমাণে গ্যাসটির আয়তন বৃদ্ধি বা হ্রাস প্রাপ্ত হয়"।**

মনে করা যাউক কোন নির্দিষ্ট চাপে 0 সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট ওজনের গ্যাসের আয়তন $= V_0$ ঘন সেণ্টিমিটার।

1 সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য আয়তন হইবে $\left(V_0 + \frac{V_0}{273}\right)$ ঘন সেণ্টিমিটার

$$= V_0\left(1 + \frac{1}{273}\right)$$

10 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য আয়তন হইবে $\left(V_o + \frac{V \times 10}{273}\right)$ ঘন সে মি

$$= V_o\left(1 + \frac{10}{273}\right) \quad ''$$

−5 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা হ্রাসের জন্য আয়তন হইবে $\left(V_o - \frac{V_o \times 5}{273}\right)$

$$= V_o\left(1 - \frac{5}{273}\right)$$

সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য আয়তন হইবে $\left(V_o + \frac{V \times t}{273}\right)$

$$= V\left(1 + \frac{t}{273}\right)$$

আবার t সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা হ্রাসের জন্য আয়তন হইবে $\left(V_o - \frac{V \times t}{273}\right)$

$$\text{বা} \quad V_o\left(1 - \frac{t}{273}\right) \quad ''$$

এখানে t সেন্টিগ্রেড = যে কোন উষ্ণতা।

দ্রষ্টব্য সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা পরিবর্তনের ফলে গ্যাসের প্রসারণ কঠিন ও তরল অপেক্ষা অনেক অধিক। সেই কারণে গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রাথমিক আয়তন 0 উষ্ণতার আয়তন ধরা হয়। কঠিন ও তরলের বেলায় যে কোন উষ্ণতা হইতে প্রাথমিক আয়তন ধরা যাইতে পারে কারণ তাহাদের প্রসারণতা অনেক কম।

প্রসারাঙ্ক (Coefficient of expansion) নির্দিষ্ট চাপে একক আয়তনের যে কোন গ্যাসের 0 সেন্টিগ্রেড হইতে 1 সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উষ্ণতা বৃদ্ধিতে যে পরিমাণ প্রসারণ হয় তাহাকে গ্যাসের **আয়তন প্রসারাঙ্ক (Coefficient of Cubical Expansion)** বলে।

যদি কোন গ্যাসের 0 সেন্টিগ্রেডে এবং t সেন্টিগ্রেডে যথাক্রমে আয়তন V_0 এবং V_t হয়, তবে t সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধিতে আয়তন বৃদ্ধি হইবে $V_t - V_o$ এবং এই আয়তন বৃদ্ধি V_o আয়তনের পক্ষে হইবে। অতএব আয়তন প্রসারাঙ্ক $= \frac{V_t - V}{V\ t}$ ইহার মান হইল $\frac{1}{273}$ অথবা 0 00366

গ্যাসের চাপের উপর তাপের প্রভাব কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন নির্দিষ্ট রাখিয়া উহার উষ্ণতার পরিবর্তন করিলে উহার চাপ পরিবর্তিত হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধিতে চাপ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় এবং উষ্ণতা হ্রাসে চাপ হ্রাসপ্রাপ্ত হয়।

চাপের সূত্র (Law of Pressure) "নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন নির্দিষ্ট রাখিয়া তাহার উষ্ণতা 1 সেন্টিগ্রেড দ্বারা বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে উক্ত গ্যাসের 0 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় যে চাপ থাকে তাহার $\frac{1}{273}$ ভাগ দ্বারা উহা বৃদ্ধি বা হ্রাস প্রাপ্ত হয়।

মনে করা যাউক 0 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের কোন নির্দিষ্ট আয়তনে চাপ $=P_0$

1 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য চাপ $=\left(P+P_0\times\frac{1}{273}\right)$

$$=P_0\left(1+\frac{1}{273}\right)$$

15 সেন্টিগ্রেড " " " " $=\left(P+P_0\times\frac{15}{273}\right)$

$$=P\left(1+\frac{15}{273}\right)$$

-5 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা হ্রাসের " $=\left(P+P\times\frac{-5}{273}\right)$

$$=P_0\left(1-\frac{5}{273}\right)$$

t সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির " $=\left(P_0+P_0\times\frac{t}{273}\right)$

$$=P\left(1+\frac{t}{273}\right)$$

উষ্ণতার পরম স্কেল (Absolute Scale of Temperature)

কোন বিশিষ্ট চাপে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 0 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় যদি V_0 ঘন সেন্টিমিটার হয় এবং উক্ত গ্যাসের চাপ না বদলাইয়া যদি উষ্ণতা 273 সেন্টিগ্রেড হ্রাস করা যায় তবে -273 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উহার নূতন আয়তন হইবে $V_0(1-\frac{273}{273})$ (চার্লসের সূত্র) $=V(1-1)=0$ ঘন সেন্টিমিটার, অর্থাৎ -273 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় যে কোন গ্যাসের আয়তন হইবে শূন্য। কিন্তু -273 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় পৌঁছিবার পূর্বেই সকল গ্যাসই তরল হইয়া যায় এবং তরলে গ্যাসের সূত্রগুলি প্রযোজ্য হয় না। তাই -273 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সত্যই কোন গ্যাসের আয়তন শূন্য হইয়া যায় কিনা তাহার কোন পরীক্ষালব্ধ প্রমাণ নাই। তাহা হইলেও আ কিক হিসাবে ধরা হয় যে -273 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সকলপ্রকার গ্যাসের আয়তনই লোপ পাইয়া শূন্য হইয়া যায়। এই $-273°$

সেন্টিগ্রেড উষ্ণতাকে বলা হয় **পরম শূন্য (Absolute Zero)**। এই পরম শূন্য হইতে যদি উষ্ণতার মাত্রা মাপা আরম্ভ করা হয় তাহা হইলে উষ্ণতা পরিমাপের যে স্কেল পাওয়া যায় তাহাকে **পরম স্কেল (Absolute Scale)** বলে। পরম স্কেল অনুসারে যে উষ্ণতার মাপ প্রকাশ করা যায় তাহাকে **পরম উষ্ণতা (Absolute Temperature)** বলে। এই স্কেলে জলের হিমাঙ্ক যাহাকে সেন্টিগ্রেড স্কেলে 0 বলে তাহা 273 Absolute বা 273 A দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সেন্টিগ্রেড স্কেলে যাহা t পরম স্কেলে তাহা (273 + t) A ইহাকে T A বলিয়া লেখা হয়।

অতএব পরম স্কেলের মান = সেন্টিগ্রেড স্কেলের মান + 273

পরম স্কেলের উষ্ণতা অনুসারে চার্লসের সূত্র

মনে করা যাউক কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের নির্দিষ্ট চাপের 0 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় আয়তন হইল V_0 ঘন সেন্টিমিটার। সেই পরিমাণ গ্যাসেরই চাপ স্থিরাঙ্ক রাখিয়া t সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় আয়তন হয় V_1 ঘন সেন্টিমিটার এবং t_1 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় V_1 ঘন সেন্টিমিটার।

এক্ষণে চার্লস সূত্রানুসারে $V = V_0\left(1 + \frac{t}{273}\right)$ এবং $V_1 = V_0\left(1 + \frac{t_1}{273}\right)$

অথবা $V = V_0\left(\frac{273 + t}{273}\right)$ এবং $V_1 = V_0\left(\frac{273 + t_1}{273}\right)$

আমরা জানি যে সাধারণ ও পরম উষ্ণতার সম্বন্ধ হইল $T = 273 + t$ এবং $T_1 = 273 + t_1$

অতএব $V = V_0 \times \frac{T}{273}$ এবং $V_1 = V_0 \times \frac{T_1}{273}$

$$\frac{V}{V_1} = \frac{V_0 \times \frac{T}{273}}{V_0 \times \frac{T_1}{273}} = \frac{T}{T_1} \quad \text{অথবা} \quad \frac{V}{T} = \frac{V_1}{T_1}$$

পরম উষ্ণতার হিসাবে চার্লসের সূত্রকে নূতনভাবে নিম্নলিখিতভাবে উল্লেখ করা হইয়া থাকে

"চাপ নির্দিষ্ট রাখিলে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণের যে-কোন গ্যাসের আয়তন ও পরম উষ্ণতা সমানুপাতিক হয়।' অর্থাৎ পরম উষ্ণতা যে অনুপাতে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় গ্যাসের আয়তনও সেই অনুপাতে বৃদ্ধি পায় এবং পরম উষ্ণতা যে অনুপাতে কমে গ্যাসের আয়তনও সেই অনুপাতে কমে।

আবার চাপের নিয়ম হইতে আমরা জানি $P = P_0\left(1+\frac{t}{273}\right)$

এবং $P = P\left(1+\frac{t}{273}\right)$ অতএব $\frac{P}{P} = \frac{273+t}{273+t} = \frac{T}{T}$ $\frac{P}{T} = \frac{P'}{T'}$

অতএব আয়তন স্থিরাঙ্কে রাখিয়া যদি উষ্ণতা বৃদ্ধি করা যায় তাহা হইলে চাপ ও পরম উষ্ণতা সমানুপাতিক হয়।

আবার V এবং V যদি একই পরিমাণ (M) গ্যাসের t সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং t সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় আয়তন হয় এবং D ও D উক্ত উষ্ণতাদ্বয়ে গ্যাসের ঘনত্ব হয়—

তাহা হইলে $V = \frac{M}{D}$ এবং $V = \frac{M}{D}$

আবার $\frac{V}{V} = \frac{T}{T}$ (চার্লসের সূত্রানুসারে)

$$\frac{V}{V} = \frac{M}{D} \times \frac{D}{M} = \frac{D}{D} = \frac{T}{T}$$

অতএব নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ঘনাঙ্ক ও পরম উষ্ণতা ব্যস্তানুপাতিক (inversely proportional) হয় অর্থাৎ উষ্ণতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইলে ঘনাঙ্ক কমে এবং উষ্ণতা কমিলে ঘনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়।

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র (Combination of Boyle's and Charles Laws)

(i) বয়েলের সূত্রানুসারে আমরা জানি যে উষ্ণতা (T A) স্থির রাখিলে নির্দিষ্ট পরিমাণ (ভরের) গ্যাসের আয়তন (V) চাপের (P) সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ

$V \propto \frac{1}{P}$ (যখন T নির্দিষ্ট থাকে)।

(ii) আবার চার্লসের সূত্রানুসারে আমরা জানি যে চাপ স্থিরাঙ্কে রাখিয়া উষ্ণতা পরিবর্তিত করিলে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন চরম উষ্ণতার সহিত সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

অর্থাৎ $V \propto T$ (যখন P নির্দিষ্ট থাকে)।

(i) এবং (ii) কে পরিবর্তনের সূত্রানুসারে (Theorem of Variation) একত্র করিলে পাওয়া যায়—

$V \propto \frac{T}{P}$ (যখন চাপ ও উষ্ণতা উভয়ই পরিবর্তনশীল হয়)।

$V = R\frac{T}{P}$ যেখানে $R =$ ধ্রুবক (constant)

$PV = RT$

এই সমীকরণকে **গ্যাস সমীকরণ (Gas equation)** বলে। যদি একই পরিমাণ গ্যাসের P চাপে এবং T চরম উষ্ণতায় আয়তন V হয় এবং সেই পরিমাণ গ্যাসের P_1 চাপে এবং T_1 চরম উষ্ণতায় আয়তন V_1 হয়, তবে

$$\frac{PV}{T} = R = \frac{P_1V_1}{T_1}$$

0 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতাকে এবং 76 সেন্টিমিটার হিম শীতল পারদের চাপকে গ্যাসের প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপ (Normal temperature and pressure, অথবা N T P) বলে।

আবার আমরা জানি $\frac{D_1}{D_2} = \frac{V}{V_1}$

এক্ষণে বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে দেখান হইয়াছে যে $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V}{T}$

অথবা $\frac{P_1T}{PT} = \frac{V}{V_1} = \frac{D_1}{D}$ সুতরাং $\frac{D_1T}{P} = \frac{D_2T_2}{P_2}$

মিশ্র গ্যাসের চাপ ডালটনের অংশ চাপসূত্র (Law of Partial Pressures)—নির্দিষ্ট আয়তনের পাত্রে একরকম গ্যাসের বদলে যদি দুই বা ততোধিক প্রকার গ্যাসীয় পদার্থ মিশ্রিত অবস্থায় থাকে এবং সেই গ্যাসীয় পদার্থগুলির ভিতর যদি কোনপ্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া না ঘটে তবে উক্ত মিশ্রণের একটি চাপ থাকে। আবার যদি উক্ত মিশ্রণের প্রত্যেকটি উপাদান একই পরিমাণে পৃথক পৃথক ভাবে উক্ত একই পাত্রে থাকে তবে ইহাদের প্রত্যেকের ভিন্ন ভিন্ন চাপ থাকে। অবশ্য সকল সময়েই উষ্ণতা একই রাখা হয়। এই অবস্থায় প্রত্যেক উপাদানের ভিন্ন ভিন্ন চাপকে **অংশ চাপ (Partial pressure)** বলে। অংশ চাপ সূত্র নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হয় —

'নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তনের কোন একটি পাত্রে যদি দুই বা ততোধিক গ্যাস বা বাষ্প মিশ্রিত করা হয় তবে মিশ্রণের মিলিত চাপ = গ্যাস বা বাষ্পগুলির আংশিক চাপের যোগফলের সমান।"

যদি কোন নির্দিষ্ট আয়তনের পাত্রে কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় বিভিন্ন গ্যাসের চাপ p_1, p_2, p_3 হয় এবং সেই উষ্ণতায় সেই আয়তনের পাত্রে ইহাদের মিশ্রণের

চাপ P হয় তবে $P = p_1 + p_2 + p_3 + \cdots$ হইবে। মনে রাখিতে হইবে যে পৃথক পৃথক গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে কোন রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয় না।"

মনে করা যাউক নির্দিষ্ট উষ্ণতায় V_1 আয়তনের এবং P_1 চাপের অক্সিজেন গ্যাসকে V_2 আয়তনের ও P_2 চাপের নাইট্রোজেন গ্যাসের সহিত মেশানো হইল। উষ্ণতা একই থাকিলে মিশ্রিত গ্যাসের মোট আয়তন $= V_1 + V_2$। মনে করা যাউক মিশ্রিত গ্যাসের চাপ $= P$। অক্সিজেনের আংশিক চাপ $= p_1$ এবং নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ $= p_2$। $P = p_1 + p_2$ মিশ্রণের পর অক্সিজেনের আয়তন $V_1 + V_2$ হয়, কিন্তু তাহার চাপ p_1 এ পরিবর্তিত হয়। বয়েল সূত্রানুসারে $p_1 (V_1 + V_2) = P_1 V_1$

এবং $p_2 (V_1 + V_2) = P_2 V_2$

অতএব $p_1 = \dfrac{P_1 V_1}{V_1 + V_2}$ এবং $p_2 = \dfrac{P_2 V_2}{V_1 + V_2}$

$$P = p_1 + p_2 = \frac{P_1 V_1}{V_1 + V_2} + \frac{P_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

অথবা $P (V_1 + V_2) = P_1 V_1 + P_2 V_2$

উদাহরণ। কোন 100 ঘন সেন্টিমিটার আয়তনের পাত্রে 160 সেন্টিমিটার চাপে অক্সিজেন আছে। অন্য একটি 400 ঘন সেন্টিমিটার আয়তনের পাত্রে 200 সেন্টিমিটার চাপে নাইট্রোজেন আছে। পাত্র দুইটি একটি ষ্টপককযুক্ত সরু নল দ্বারা যুক্ত। ষ্টপকক খুলিয়া দিয়া গ্যাস দুইটিকে সম্পূর্ণরূপে মিশিতে দিলে মিশ্রণের চাপ কত হইবে?

মনে করা যাউক মিশ্রণের চাপ $= P$ সেন্টিমিটার। মিশ্রণের পর উভয়ের (অক্সিজেনের ও নাইট্রোজেনের) আয়তন হইবে $(100 + 400)$ বা 500 ঘন সেন্টিমিটার। মনে কর মিশ্রণের ভিতর অক্সিজেনের আংশিক চাপ $= p_1$ সেন্টিমিটার এবং নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ $= p_2$ সেন্টিমিটার।

বয়েলের সূত্রানুসারে $p_1 \times 500 = 100 \times 160$

অথবা $p_1 = \dfrac{100 \times 160}{500}$ সেন্টিমিটার

$= 32$ সেন্টিমিটার

আবার, $p_2 \times 500 = 400 \times 200$

অথবা $p_2 = \frac{400 \times 200}{500}$ সেন্টিমিটার

$= 160$ সেন্টিমিটার

$P = p_1 + p_2 = (32 + 160)$ বা 192 সেন্টিমিটার।

আর্দ্র গ্যাস পরীক্ষাগারে সাধারণত জলে অদ্রবণীয় গ্যাসকে জলের উপর সংগ্রহ করা হয়। সুতরাং গ্যাসটি জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপৃক্ত হয়। এই আর্দ্র গ্যাসে কেবলমাত্র শুষ্ক গ্যাসের চাপ নির্ণয় করিবার সময় আর্দ্র গ্যাসের সমগ্র চাপ হইতে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ বাদ দিতে হয়। কোন আর্দ্র গ্যাসের চাপ P = শুষ্ক গ্যাসের প্রকৃত চাপ p + সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ f (পরীক্ষার সময়ের উষ্ণতায়)। প্রতি ডিগ্রি ও ডিগ্রির ভগ্নাংশে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ রেগোর (Regnault s Table) দ্বারা নির্ণীত হইয়া লিপিবদ্ধ করা আছে। $p = P - f$

মনে করা যাউক যে একটি আর্দ্র গ্যাসের উষ্ণতা $= t$ সেন্টিগ্রেড উহার আয়তন V ঘন সেন্টিমিটার এবং উহার চাপ $= P$ সেন্টিমিটার। যদি t সেন্টিগ্রেডে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ $= f$ সেন্টিমিটার হয় তবে শুষ্ক গ্যাসের চাপ $-(P - f)$ সেন্টিমিটার। যদি উক্ত গ্যাসের আয়তন N T P তে V_1 ঘন সেন্টিমিটার হয় তবে বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে

$$\frac{V \times (P - f)}{273 + t} = \frac{V_1 \times 76}{273}$$

অথবা $V_1 = \frac{V \times (P - f) \times 273}{76(273 + t)}$ ঘন সেন্টিমিটার হইবে।

উদাহরণ 1 500 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন গ্যাসকে 17 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও 750 মিলিমিটার চাপে জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। শুষ্ক অবস্থায় এই গ্যাসের প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কত আয়তন হইবে? (17 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = 14 4 মিলিমিটার)।

শুষ্ক হাইড্রোজেনের চাপ = (750—14 4) বা 735 6 মিলিমিটার। মনে করা যাউক যে শুষ্ক হাইড্রোজেনের প্রমাণ উষ্ণতায় ও প্রমাণ চাপে আয়তন = V ঘন সেন্টিমিটার। বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে—

$$\frac{500 \times 735\ 6}{273 + 17} = \frac{V \times 760}{273}$$

$V = \frac{500 \times 735\ 6 \times 27}{760 \times 290}$ ঘন সেন্টিমিটার $= 455\ 57$ ঘন সেন্টিমিটার।

উদাহরণ 2 27 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 760 মিলিমিটার চাপে জলের উপর 200 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন সংগ্রহ করা হইল। যদি 27 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 15 মিলিমিটার হয় তবে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় শুষ্ক অক্সিজেনের আয়তন কত হইবে ?

শুষ্ক অক্সিজেনের চাপ = (760 − 15) বা 745 মিলিমিটার। মনে করা যাউক যে শুষ্ক অক্সিজেনের প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে আয়তন = V ঘন সেন্টিমিটার।

বয়েল ও চার্লসের সূত্রানুসারে—

$$\frac{200 \times 745}{273 + 27} = \frac{V \times 760}{273}$$

$$V = \frac{200 \times 745 \times 273}{760 \times 300} \text{ ঘন সেন্টিমিটার} = 178.4 \text{ ঘন সেন্টিমিটার।}$$

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রের উপর কয়েকটি উদাহরণ নিম্নে প্রদত্ত হইল।

উদাহরণ 1 1.2 বর্গ সেন্টিমিটার প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট কাচের নলে পারদের উপর প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 40 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন সংগ্রহ করা হইল। তখন দেখা গেল যে নলের ভিতর পারদের তল নিম্নের পাত্রে অবস্থিত পারদের তল হইতে 15.6 সেন্টিমিটার উপরে অবস্থিত। সেই সময়ে বায়ুমণ্ডলের চাপ 756 মিলিমিটার ছিল এবং পরীক্ষাগারের উষ্ণতা 31 সেন্টিগ্রেড ছিল। নলের কতখানি দৈর্ঘ্য গ্যাস দ্বারা অধিকৃত ছিল তাহা নির্ণয় কর।

মনে করা যাউক যে উক্ত অবস্থায় অক্সিজেনের আয়তন = V ঘন সেন্টিমিটার এবং নলের যে দৈর্ঘ্য অক্সিজেন অধিকার করিয়া আছে তাহা l সেন্টিমিটার।

অক্সিজেনের চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ − নলের ভিতর পারদ স্তম্ভের দৈর্ঘ্য।

= (756 − 156) মিলিমিটার

= 600 মিলিমিটার

বয়েলের ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে—

$$\frac{40 \times 760}{273} = \frac{V \times 600}{273 + 31}$$

$$V = \frac{40 \times 760 \times 304}{273 \times 600} \text{ ঘন সেন্টিমিটার} = 56.4 \text{ ঘন সেন্টিমিটার}$$

এক্ষণে দৈর্ঘ্য × প্রস্থচ্ছেদ = আয়তন $\quad l \times 1.2 = 56.4$

$$l = \frac{56.4}{1.2} \text{ বা } 47 \text{ সেন্টিমিটার।}$$

উদাহরণ 2 200 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনকে প্রমাণ উষ্ণতা ও প্রমাণ চাপ হইতে 20 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও 72 সেন্টিমিটার চাপে লইয়া যাওয়া হইল। উহার আয়তন কত হইবে নির্ণয় কর।

মনে করা যাউক V ঘন সেন্টিমিটার উহার পরিবর্তিত আয়তন।

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে—

$$\frac{200\times 76}{273+0}=\frac{V\times 72}{273+20}$$

অতএব $V=\frac{200\times 76\times 293}{273\times 72}$ ঘন সেন্টিমিটার $=226.5$ ঘন সেন্টিমিটার।

উদাহরণ 3 522 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনকে 19 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা হইতে 100 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া দেখা গেল উহার আয়তন তিনগুণ হইয়াছে। পূর্বের চাপ 762 মিলিমিটার হইলে নূতন চাপ কত হইবে?

ধরা যাউক যে নূতন চাপ $=P$ মিলিমিটার।

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে—

$$\frac{522\times 762}{273+19}=\frac{522\times 3\times P}{273+100}$$

অথবা $P=\frac{522\times 762\times 373}{292\times 522\times 3}$ মিলিমিটার

$=324.46$ মিলিমিটার।

উদাহরণ 4 কোন গ্যাসের উপর চাপের পরিমাণ 760 মিলিমিটার হইতে 1520 মিলিমিটার পর্যন্ত বাড়াইয়া গ্যাসটির আয়তন 4 গুণ বৃদ্ধি করিতে হইলে উষ্ণতা কত করা প্রয়োজন হইবে?

মনে করা যাউক গ্যাসটির আয়তন $=V$ ঘন সেন্টিমিটার এবং উহার উষ্ণতা 0 সেন্টিগ্রেড। ধরা যাউক যে নির্ণেয় উষ্ণতা $=t$ সেন্টিগ্রেড।

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে—

$$\frac{760\times V}{273+0}=\frac{1520\times 4\times V}{273+t}$$

অথবা $\frac{1}{273}=\frac{8}{273+t}$

$273+t=273\times 8$

$t=(273\times 7)$ সেন্টিগ্রেড

$=1911$ সেন্টিগ্রেড।

উদাহরণ 5 27 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 760 মিলিমিটার চাপে কোন একটি গ্যাসের ঘনত্ব 38। এই গ্যাসটির ঘনত্ব 127 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 2520 মিলিমিটার চাপে কত হইবে ?

আমরা দেখিয়াছি যে, বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত উপসূত্র অনুসারে—

$\frac{D_1 T_1}{P_1} = \frac{D_2 T_2}{P_2}$ যেখানে D_1, T_1, P_1 একটি গ্যাসের ঘনত্ব উষ্ণতা (পরম স্কেলে) এবং চাপ এবং অন্য সময় D_2 T_2 P_2 সেই গ্যাসেরই ঘনত্ব উষ্ণতা (পরম স্কেলে) এবং চাপ।

$$\frac{38 \times (273 + 27)}{760} = \frac{D_2 \times (273 + 127)}{1520}$$

$$D_2 = \frac{38 \times 300 \times 1520}{760 \times 400}$$

$$= 57 \text{।}$$

উদাহরণ 6 বায়ুতে এক ভাগ অক্সিজেন 4 ভাগ নাইট্রোজেন (আয়তনিক হিসাবে) মিশ্রিত আছে। বায়ুর মোট চাপ 760 মিলিমিটার। অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ কত ?

আংশিক চাপের সূত্রানুসারে অক্সিজেনের আংশিক চাপ + নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ = বায়ুর চাপ

অর্থাৎ $P_{O_2} + P_{N_2} = 760$ মিলিমিটার

P_{O_2} = বায়ুর চাপের $\frac{1}{5} = \frac{1}{5} \times 760$ মিলিমিটার $= 152$ মিলিমিটার

P_{N_2} = বায়ুর চাপের $\frac{4}{5} = \frac{4}{5} \times 760$ মিলিমিটার $= 608$ মিলিমিটার।

Questions

1 State precisely Boyle s Law and express it by an equation

A gas occupies 100 c c under a pressure of 340 mm If the temperature of the gas be kept constant and the pressure changed to 1000 mm what volume the gas will occupy ?

[*Ans* 34 c c]

১। বয়েল সূত্র সঠিকভাবে উল্লেখ কর এবং সূত্রটি অঙ্ক দ্বারা প্রকাশ কর।

একটি গ্যাসের আয়তন ১০০ ঘন সেন্টিমিটার হয় ৩৪০ মিলিমিটার চাপে। উষ্ণতা অপরিবর্তিত রাখিয়া চাপের পরিমাণ যদি ১০০০ মিলিমিটার করা হয় তাহা হইলে গ্যাসটির আয়তন কত হইবে ? [উত্তর ৩৪ ঘন সেন্টিমিটার]

2 State Charles Law What do you understand by Absolute Zero and Absolute temperature ?

A certain mass of gas occupies 1 litre at 20 C At what temperature will its volume be 1750 c c ?

[Ans 23)8 C]

২। চার্লসের সূত্র উল্লেখ কর। পরম শূন্য এবং পরম উষ্ণতা বলিতে কি বুঝায়? ২০ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন হইল ১ লিটার। কোন্ উষ্ণতায় সেই পরিমাণ গ্যাসের আয়তন হইবে ১৭৫০ ঘন সেন্টিমিটার?

[উত্তর ২৩৯৮ সেন্টিগ্রেড]

3 Deduce from Boyle s Law the relationship existing between pressure and density of a gas What is meant by normal temperature and normal pressure? The density of chlorine at N T P is 3 22 grams/litre At what pressure will its density be 1 gram/litre? The temperature is kept fixed at 0 C [Ans 236 millimetre]

৩। বয়েলের সূত্র হইতে গ্যাসের চাপ ও ঘনত্বের সম্বন্ধ নির্ণয় কর। প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতা কাহাকে বলে? প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় ক্লোরিণের ঘনত্ব হইল ৩ ২২ গ্রাম/লিটার। কোন্ চাপে উহার ঘনত্ব হইবে ১ গ্রা /লিটার? উষ্ণতা সেন্টি গ্রেডে স্থির রাখা হ ।

উত্তর ২৩৬ মিলিমিটার]

4 Deduce from Charle Law the relationship existing between temperature and density of a gas The density of oxygen at N T P is 1 429 grams per litre Keepin the pressure fixed at 760 mm at what temperature will the density of oxygen be 1 gram per litre

Ans 11 C]

৪। চার্লসের সূত্র হই   গ্যা র উষ্ণতা ও ঘনত্বের সম্বন্ধ ন   কর। প্র ণ উষ্ণতায় ও চাপে   অক্সিজেনের ঘনত্ব হ ল ১ ৪২৯ গ্রা /লিটা   চাপ স্থির ক (৭ ০ মিলিমিটা) রাখিলে কোন্ উষ্ণ   র ঘনত্ব হইবে ১ গ্রা /লিটা ?   উ   ১ সেন্টিগ্রেড

5 Write out the gas equation derived by combining Boyle and Charles Laws for ga es relatin to their volumes temperatures and pressures

A cert in amount of ga occupie 250 c c at 20 C an 1 700 mm pressure What volume will the ame amount of as occupy at 5 C an 140 mm pressure? [An 94 c c]

৫। বয়েল সূত্র ও চার্লস সূত্র একত্র করিয়া গ্যাসের অ য ন উ   ও চাপ সম্পর্কে যে আংকিক সংকেত পাওয়া যায় তাহা লিখ।

কোন নির্দিষ্ট ওজনের গ্যাসের ২০ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও ৭০ মিলিমিটার চাপে আয়তন হইল ৫০ ঘন সেন্টিমিটার। উক্ত পরিমাণ গ্যাসের ৫ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৪০ মিলিমিটার চাপে আয়তন কত হইবে?

[উত্তর ২২৪ ঘন সেন্টিমিটার]

6 A certain amount of a gas occupies 500 c c at 15 C and 750 mm pressure If that amount of gas is to be placed in a vessel of 400 c c at 50 C what pressure is to be applied on the gas?

[Ans 1051 mm]

৬। কোন নির্দিষ্ট ওজনের গ্যাসের আয়তন হইল ৫০০ ঘন সেন্টিমিটার যখন উহার

উষ্ণতা হইল ১৫ সেন্টিগ্রেড এবং চাপ হইল ৭৫০ মিলিমিটার। যদি উক্ত পরিমাণ গ্যাসকে একটি ৪০০ ঘন সেন্টিমিটারের পাত্রে ৫০ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ভর্তি করিতে হয় তবে কত চাপ প্রয়োগ করা প্রয়োজন হইবে ? [উত্তর ১০৫১ মিলিমিটার]

7 The density of a gas at 37 C and 700 mm pressure is found to be 24(H = 1) What will be its density at 150 C and 1050 mm pressure ? [*Ans* 25 53]

৭। ২৭ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭০০ মিলিমিটার চাপে কোন একটি গ্যাসের ঘনত্ব হইল ২৪ (H = ১)। ১৫০ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ১০৫০ মিলিমিটার চাপে গ্যাসটির ঘনত্ব কত হইবে ? [উত্তর ২৫ ৫৩]

8 3 volumes of hydrogen and 1 volume of nitrogen are mixed together If at the time of mixing the barometric pressure be 760 mm what are the partial pressures of the two gases ?

[*Ans* Hydrogen—570 mm Nitrogen—190 mm]

৮। ৩ আয়তন হাইড্রোজেন এবং ১ আয়তন নাইট্রোজেন পরস্পর মিশ্রিত করা হইল। যদি ঐ মিশ্রণের সময় ব্যারোমিটারের চাপ ৭৬০ মিলিমিটার হয় তাহা হইলে গ্যাস দুইটির অংশ চাপ কত ?

[উত্তর হাইড্রোজেন ৫৭০ মিলিমিটার নাইট্রোজেন ১৯০ মিলিমিটার।]

9 By collecting a certain weight of a gas over water at 22 C and 753 mm pressure it was found to occupy 130 c c The aqueous tension at the temperature of water is 19 66 mm Find the volume of the gas at N T P [*Ans* 116 c c]

৯। কোনও নির্দিষ্ট ওজনের গ্যাসকে একটি পাত্রে জলের উপর সংগ্রহ করা হইল এবং দেখা গেল যে ঘরকার উষ্ণতা (২২ সেন্টিগ্রেড) ও বায়ুমণ্ডলের চাপে (৭৫৩ মিলিমিটার) উহার আয়তন হইল ১৩০ ঘন সেন্টিমিটার। ঐ উষ্ণতায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ হইল ১৯ ৬৬ মিলিমিটার। প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে উক্ত গ্যাসের আয়তন কত হইবে ?

[উত্তর ১১৬ ঘন সেন্টিমিটার]

10 In a 250 c c flask 150 c c of hydrogen under 750 mm pressure 75 c c of oxygen under 350 mm pressure and 50 c c of nitrogen under 250 mm pressure are mixed together Under the condition calculate (a) the partial pressure of each gas and (b) the total pressure of the mixture

[*Ans* (*a*) Hydrogen—450 mm Oxygen—105 mm Nitrogen—50 mm (*b*) 605 mm

১০। একটি ২৫০ ঘন সেন্টিমিটার আয়তনের ফ্লাস্কে ৭৫০ মিলিমিটার চাপে ১৫০ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন ৩৫০ মিলিমিটার চাপে ৭৫ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন এবং ২৫০ মিলিমিটার চাপে ৫০ ঘন সেন্টিমিটার নাইট্রোজেন মিশ্রিত করা হইল। এই অবস্থায় মিশ্রণের পর (ক) প্রত্যেক গ্যাসের অংশ চাপ এবং (খ) মিশ্রণের সমগ্র চাপ নির্ণয় কর।

[উত্তর (ক) হাইড্রোজেন ৪৫০ মিলিমিটার অক্সিজেন ১০৫ মিলিমিটার নাইট্রোজেন ৫০ মিলিমিটার। (খ) ৬০৫ মিলিমিটার।]

11 500 cubic metres of a gas are collected over water at 26 C and 755 mm pressure in a gasholder What will be the volume of *dry* gas at 10 C and 760 mm pressure ? Aqueous tension at 26 C = 25 mm
[*Ans* 4545000 c c]

১১। একটি গ্যাস রাখিবার পাত্রে ৫ ০ ঘন মিটার গ্যাস জলের উপর ৬ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫৫ মিলিমিটার চাপে সংগ্রহ করা হইল শুষ্ক অবস্থায় ১০ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৬০ মিলিমিটার চাপে উক্ত গ্যাসের আয়তন কত হইবে ? ২৬ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = ২৫ মিলিমিটার।

[উত্তর ৪৫৪৫০ ০ ঘন সেন্টিমিটার]

12 40 c c of hydro en is collected in a graduated gas measuring tube at 21 C and 760 mm pressure The height of water in the tube is 15 cm What will be the volume of dry hydrogen at N T P ? Aqueous tension at 21 C = 18 5 mm and the sp gr of mercury = 13 6
[*Ans* 35 71 c c]

১২। একটি অংশাঙ্কিত নলে ৭৬ মিলিমিটার চাপে এবং ২১ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ৪০ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন গ্যাস সংগ্রহ করা হইল। নলের ভিতর জলের তলের উচ্চতা ১৫ সেন্টিমিটার। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন কত হইবে ? ২১° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = ১৮ ৫ মিলিমিটার এবং পারদের আপেক্ষিক গুরুত্ব = ১৩ । [উত্তর ৩৫ ৭১ ঘন সেন্টিমিটার]

ত্রয়োবিংশ অধ্যায়

গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র ও অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প

গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র পূর্বে উল্লিখিত হইয়াছে (পৃ ২৪)। গে লুসাক পরীক্ষামূলকভাবে দেখান যে যখন ২ টি গ্যাসের ভিতর রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং উক্ত বিক্রিয়ার ফলে যখন গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হয় তখন উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন ক্রিয়াশীল গ্যাসসমূহের আয়তনের যোগফলের সমান নাও হইতে পারে। তবে ক্রিয়াশীল গ্যাসসমূহের আয়তনের অনুপাত ও উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনের অনুপাত সরল পূর্ণ সংখ্যা হয়।

এক্ষণে ডালটনের পরমাণুবাদ (পৃ ২৫) বলে যে মৌলিক পদার্থের পরমাণুরা রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় পরস্পরে মিলিত হয় সরল অনুপাতে, 1 1 1 2, 2 3।

আবার গে লুসাকের সূত্রটিও বলে যে, গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থগুলি রাসায়নিক-ভাবে পরস্পর মিলিত হয় সরল আয়তনিক অনুপাতে, যথা 1 1 1 2 2 6।

আবার বয়েল চার্লস এবং গে লুসাক দেখান যে তাপ ও চাপ পরিবর্তনের ফলে সমস্ত গ্যাসেরই একইভাবে আয়তনিক পরিবর্তন ঘটে। এই সমস্ত বিষয় আলোচনা করিয়া বার্জেলিয়াস (Berzelius) একটি সিদ্ধান্তে উপনীত হন। তাঁহার সিদ্ধান্ত হইল **'একই উষ্ণতায় ও চাপে সকল গ্যাসের নির্দিষ্ট আয়তনে সম-সংখ্যক পরমাণু বর্তমান থাকে।"**

বার্জেলিয়াসের সময়ে পরমাণুই ছিল সকল প্রকার পদার্থের কি যৌগিক কি মৌলিক—একমাত্র পরিচিত অবিভাজ্য কণা। অণু (molecule) তখন কল্পনার বহির্ভূত ছিল। সেইজন্য হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন বা ক্লোরিণ ইত্যাদি মৌলিক পদার্থের অবিভাজ্য কণাকে যেমন পরমাণু বলা হইত তেমনই জলীয় বাষ্প হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস বা অ্যামোনিয়ার মত যৌগিক পদার্থের অবিভাজ্য কণাকেও পরমাণু বলা হইত। যৌগিক পদার্থের অবিভাজ্য কণাকে ডালটন যৌগিক পরমাণু (compound atom) বলিয়া অভিহিত করেন।

এখন বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত অনুসারে একই চাপ ও উষ্ণতার এক আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে যত সংখ্যক পরমাণু থাকিবে এক আয়তন অক্সিজেন নাইট্রিক অক্সাইড জলীয় বাষ্প অ্যামোনিয়া বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বাষ্পে ঠিক তত সংখ্যক পরমাণু থাকিবে। কিন্তু ডালটন এবং গে লুসাক উভয়েই বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত সত্য বলিয়া গ্রহণ করিতে অস্বীকার করেন এবং গে লুসাক এই সিদ্ধান্তের ত্রুটি দেখাইয়া দেন। গে লুসাক পরীক্ষা দ্বারা সম্যকভাবে দেখান যে, **এক আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত এক আয়তন ক্লোরিণ রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হইয়া দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে।** এই পরীক্ষায় তিনটি গ্যাসীয় পদার্থই একই উষ্ণতায় ও চাপে মাপা হয়। মনে করা যাউক যে এক আয়তন গ্যাসে পরমাণুর সংখ্যা = n

বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত অনুসারে

n পরমাণু হাইড্রোজেন + n পরমাণু ক্লোরিণ = 2n পরমাণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

উভয় পক্ষকে n দিয়া ভাগ করিয়া আমরা পাই

1 পরমাণু হাইড্রোজেন + 1 পরমাণু ক্লোরিণ = 2 পরমাণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

1 পরমাণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস গঠিত হইয়াছে ½ পরমাণু হাইড্রোজেন এবং ½ পরমাণু ক্লোরিণের সংযোগে।

কিন্তু ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে **পরমাণু অবিভাজ্য**। সুতরাং যে পরমাণুবাদের উপর নির্ভর করিয়া বার্জেলিয়াস গে লুসাকের গ্যাসায়তনিক সূত্র ব্যাখ্যা করিতে চেষ্টা করিলেন সেই পরমাণুবাদের ভিত্তিতেই তিনি আঘাত করিলেন। তাই সেই সময় ডালটনের পরমাণুবাদ সত্য না গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র সত্য এই বিষয়ে আন্দোলনের সৃষ্টি হইল।

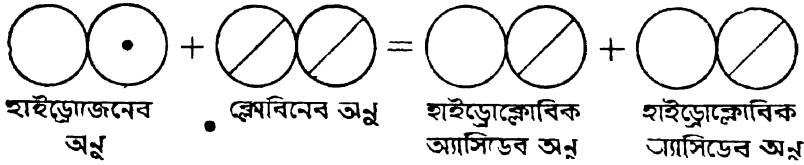
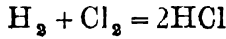
অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প (Avogadro's Hypothesis) 1811 খ্রীষ্টাব্দে ইটালির পদার্থ বিজ্ঞানী অ্যাভোগাড্রো তাঁহার অণুবাদ (Molecular Theory) প্রবর্তন করিয়া ডালটনের পরমাণুবাদ ও গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের (Law of Gaseous Volumes) সম্বন্ধে যে বিরোধের সৃষ্টি হইয়াছিল তাহার অবসান ঘটাইতে সমর্থ হন। তিনি দুই প্রকার চরম কণার বিষয়ে বলেন (i) যে সমান ধর্ম বিশিষ্ট চরম কণা স্বাধীনভাবে থাকিতে পারে তাহাকে তিনি অণু বলিয়া অভিহিত করেন। অণু বিভাজ্য বা অবিভাজ্য হইতে পারে। প্রত্যেক পদার্থ যৌগিক বা মৌলিক অণুর সমষ্টি। (ii) আর যে চরম কণা রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে এবং এক যোগ হইতে অন্য যোগে স্থানান্তরিত করা যায় তাহাকে তিনি **পরমাণু** বলেন। পরমাণু সর্ব অবস্থাতেই মৌলিক পদার্থের হয় এবং পরমাণু অবিভাজ্য। ইহারা স্বাধীনভাবে নাও থাকিতে পারে। সাধারণত দুই বা ততোধিক পরমাণুর সমবায়ে অণু গঠিত হয়। গ্যাসীয় পদার্থের ভিতর তাহার অণুই বর্তমান থাকে এবং দুইটি গ্যাসীয় পদার্থের ভিতর রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় অণু বিভক্ত হইয়া পরমাণুর সৃষ্টি করে এবং পরমাণুগুলি পরস্পর মিলিত হইয়া নূতন যোগ পদার্থের অণু গঠন করে। তাই গ্যাসের আয়তনের সঙ্গে অণুর সম্বন্ধ বিদ্যমান, পরমাণুর নহে। ডালটন তাঁহার পরমাণুবাদ প্রবর্তন করার পর বিজ্ঞানী-গণের মনে ধারণা হইয়াছিল যে হাইড্রোজেন বা ক্লোরিণ গ্যাসে তাহাদের পরমাণুগুলি এককভাবে ইতস্তত ঘুরিয়া বেড়ায়। যখন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ গ্যাস রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয় তখন একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি ক্লোরিণ পরমাণু যুক্ত হইয়া একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের পরমাণু উৎপন্ন করে।

অ্যাভোগাড্রো প্রথম যৌগের গঠন সম্পর্কে বিজ্ঞানীদের এই ধারণা ভুল বলেন। তিনি বলেন যে হাইড্রোজেন বা ক্লোরিণের ভিতর তাহাদের পরমাণুগুলি একক অবস্থায় থাকে না তাহারা পরস্পর যুক্ত হইয়া অণু উৎপাদন করে। (পরে দেখান হইয়াছে যে হাইড্রোজেন বা ক্লোরিণ বা যে কোন মৌলিক গ্যাসের অণুতে সাধারণত দুইটি করিয়া পরমাণু থাকে)। যখন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের ভিতর রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয় তখন তাহাদের অণু হইতে পরমাণু উৎপন্ন হইয়া পরস্পর যুক্ত হয় এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের নূতন অণু সৃষ্টি করে।

নিম্নের চিত্র দেখিলে উপরের উল্লিখিত বিষয় সহজে বোধগম্য হইবে।

চিত্র নং 34

সাংকেতিক সমীকরণ হইতেছে

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

সুতরাং অ্যাভোগাড্রো অণুর অস্তিত্ব কল্পনা করিয়া বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত সংশোধন করিয়া নিম্নলিখিত প্রকল্প প্রবর্তিত করেন

"একই উষ্ণতায় ও চাপে সকল গ্যাসীয় পদার্থের (মৌলিক বা যৌগিক) সমান আয়তনে একই সংখ্যক অণু বর্তমান থাকে।"

মনে করা যাউক যে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1000 ঘন সেন্টিমিটার বা 1 লিটার আয়তন হাইড্রোজেনে n অণু আছে। তাহা হইলে পৃথিবীতে যত গ্যাস বা বাষ্প আছে—তাহা মৌলিকই হউক বা যৌগিকই হউক—প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে তাহাদের 1000 ঘন সেন্টিমিটার আয়তনে n অণু থাকিবে।

এই প্রকল্প ডালটনের পরমাণুবাদের এবং গে লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের ভিতর সমন্বয় সাধন করিয়াছে। পরীক্ষায় দেখা যায় যে একই উষ্ণতায় ও চাপে এক আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন ক্লোরিণের রাসায়নিক সংযোগে দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়। ধরা যাউক পরীক্ষার সময়ের উষ্ণতায় ও চাপে এক আয়তন হাইড্রোজেনে n সংখ্যক অণু আছে।

তাহা হইলে সেই অবস্থাব এক আয়তন ক্লোরিণে n স খ্যক অণু আছে এব, দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে 2n স খ্যক অণু থাকে।

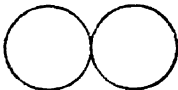
n স খ্যক হাইড্রোজেন অণু + n স খ্যক ক্লোবিণ অণু = 2n স খ্যক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের অণু।

∴ n দিয়া ভাগ কবিয়া পাওয়া যায়

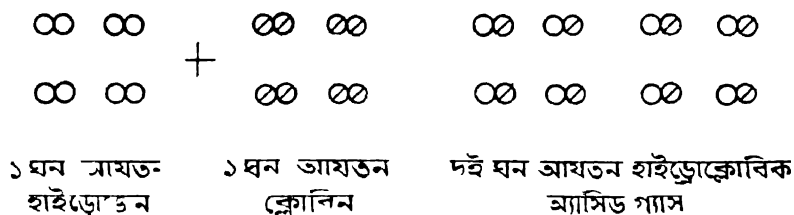
হাইড্রোজেনেব একটি অণু + ক্লোবিণের একটি অণু = হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের দুইটি অণু।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের একটি অণুতে হাইড্রোজেনের ½ অণু এব ক্লোরিণের ½ অণু থাকে। ইহা পরমাণুবাদের বিরুদ্ধ মত নয কারণ পরমাণুই অবিভাজ্য কিন্তু অণু বিভাজ্য। পবে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প প্রয়োগ কবিয়া এব অন্যান্য পবীক্ষা দ্বারা দেখান হইয়াছে যে হাইড্রোজেন অণু এব ক্লোরিণের অণু তাহাদের দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত। অতএব 'তাহাদের ½ অণু = 1 পরমাণু।

অতএব হাইড্রোজেনের 1 পরমাণু + ক্লাবিণের 1 পরমাণু = হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসেব 1 অণু।

চিত্র দ্বারা এই বিষযটি সহজেই বোধগম্য করা যায়। ধরা যাউক

মনে করা যাউক 1 ঘন আয়তন হাইড্রোজেনে এটি হাইড্রোজেন অণু আছে

তাহা হইলে 1 ঘন আয়তন ক্লোরিণে 4টি ক্লোরিণের অণু আছে এবং 2 ঘন আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে ৪টি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের অণু থাকিবে। যথা

∞ ∞ ∞ ∞	+	⊘⊘ ⊘⊘ ⊘⊘ ⊘⊘	⊘⊘ ⊘⊘ ⊘⊘ ⊘⊘ ⊘⊘ ⊘⊘ ⊘⊘ ⊘⊘
১ ঘন আযতন হাইড্রোজেন		১ ঘন আযতন ক্লোরিন	দুই ঘন আযতন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস

যদিও অ্যাভোগাড্রো 1811 খ্রীষ্টাব্দে এই প্রকল্প প্রকাশিত করেন তাহা হইলেও প্রায় চল্লিশ বৎসর পর্যন্ত ইহা অজ্ঞাতই থাকিয়া যায়। অ্যাভোগাড্রোর মৃত্যুর পর তাহার স্বদেশীয় ও ছাত্র ক্যানিজারো এই প্রকল্পের সাহায্যে গে লুসাকের গ্যাসায়তনিক সূত্রের সত্যতা সপ্রমাণ করেন এবং ইহার সাহায্যে পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব তাহাও দেখান। তাহার ফলেই অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প প্রতিষ্ঠালাভ করে। অ্যাভোগাড্রোর এই মতবাদটি প্রথমে নিছক কল্পনামাত্র ছিল। তাই এই মতবাদকে প্রথমে প্রকল্প (Hypothesis) বলা হইত। কিন্তু প্রত্যক্ষভাবে না হইলেও পরোক্ষভাবে প্রতিটি ক্ষেত্রে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের অভ্রান্ততা প্রমাণিত হইয়াছে। তাই **এখন অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পকে অ্যাভোগাড্রোর সূত্র (Avogadro's Law) বলা হয়।**

অ্যাভোগাড্রোর অণুবাদের ভিত্তিতে ডালটনের পরমাণুবাদের সংশোধন

ডালটনের ধারণা ছিল পরমাণুই পদার্থমাত্রেরই একমাত্র অবিভাজ্য কণা। সেইজন্য হাইড্রোজেন পরমাণু, জলের পরমাণু এইরূপ প্রয়োগ দেখা যাইত। কিন্তু অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের ফলে জানা যায় যে পরমাণু মৌলিক পদার্থের সর্বনিম্ন কণা বটে কিন্তু মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের যে সর্বনিম্ন কণাকে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় তাহা তাহাদের পরমাণু হিসাবে নয় অণু হিসাবে।

অ্যাভোগাড্রোর অণুবাদ রসায়ন বিজ্ঞানে যুগান্তর আনয়ন করিয়াছে। ইহার সাহায্যে রাসায়নিক প্রক্রিয়া সহজে অনুধাবন করা যায়। অণুবাদ গৃহীত হইবার

পর ডাল্টনের পরমাণুবাদ সংশোধিত হইয়া নূতনভাবে নিম্নলিখিতরূপে লিখিত হইযাছে

(1) মৌলিক ও যৌগিক পদার্থ প্রকৃতিতে স্বাধীন সত্তায় অণুদ্বারা গঠিত হয়। অণু অবিভাজ্য পরমাণুদ্বারা গঠিত হয।

(2) একই পদার্থের—কি মৌলিক কি যৌগিক—প্রত্যেক অণুর ভর ও ধর্ম এক হয়। কিন্তু বিভিন্ন পদার্থের অণুর ভর বিভিন্ন এবং ধর্মও বিভিন্ন।

(3) মৌলের অণুগুলি একই প্রকার পরমাণু দ্বারা গঠিত। যৌগের অণুগুলি বিভিন্নপ্রকার মৌলিক পদার্থের পরমাণু দ্বারা গঠিত।

(4) রাসায়নিক সংযোগের সময় প্রত্যেক পদার্থের অণু পরমাণুতে বিশ্লিষ্ট হয়। এই বিশ্লিষ্ট পরমাণুগুলি পরস্পরের নির্দিষ্ট অনুপাতে নূতনভাবে সংযুক্ত হইয়া নূতন অণু গঠন করে।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের উপকারিতা

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প রসায়ন শাস্ত্রে একটি বিশিষ্ট পরিবর্তন আনয়ন করে। ইহা নানাভাবে রসায়ন চর্চায় এবং রসায়ন শাস্ত্রের প্রসারতায় সাহায্য করে। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পটি প্রয়োগ করিয়া নিম্নলিখিত বিশেষ প্রয়োজনীয় অনুসিদ্ধান্তগুলি (Deductions) পাওয়া গিয়াছে —

(1) মৌলিক গ্যাসের অণু দ্বি পরমাণুক (diatomic)।

(2) গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন তাহার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ **($M = 2D$)**।

(3) প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে সকল গ্যাসের গ্রাম অণু পরিমাণের (gram molecular weight) আয়তন একই হয় এবং তাহা 22.4 লিটার।

(4) গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি (volumetric composition) পরীক্ষা দ্বারা নির্ণয় করিয়া এবং উক্ত গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্বও পরীক্ষা দ্বারা নির্ণয় করিয়া উক্ত গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক সংকেত নির্ণয় করিতে ইহার প্রয়োগ।

(5) মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের পদ্ধতি উদ্ভাবনে ইহার প্রয়োগ।

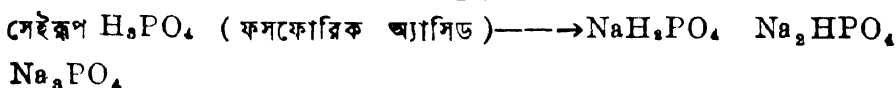
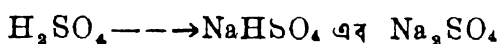
প্রকল্পের প্রয়োগগুলি একে একে নিম্নে দেখান হইল

(1) মৌলিক গ্যাসের অণু দ্বি-পরমাণুক (ক) হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ-গ্যাসের আণবিক সংকেত

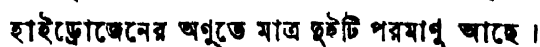
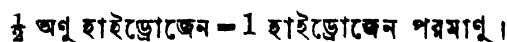
পরীক্ষা দ্বারা জানা যায় যে 1 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপাদন করে। ইহা হইতে (পূর্বেই দেখান হইয়াছে) পাওয়া যায় যে $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হইয়া একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের অণু গঠন করে। অণু সকল পরমাণুর সমষ্টি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের এক অণুতে অন্তত একটি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং একটি ক্লোরিণ পরমাণু আছে। যেহেতু আমরা দেখিয়াছি যে $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন ও $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের একটি অণু গঠনে লাগিয়াছে সেই হেতু আমরা বলিতে পারি যে হাইড্রোজেন বা ক্লোরিণের অণুতে অন্তত তাহাদের দুইটি করিয়া পরমাণু আছে।

এক্ষণে প্রত্যেক অ্যাসিডের অণুতে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন আছে। অ্যাসিডের অণুতে যে হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে তাহা ধাতুর পরমাণু বা ধাতুকল্প যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়। এই প্রতিস্থাপনের ফলে অ্যাসিডের অণুতে যতগুলি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে ততগুলি বিভিন্ন লবণ উৎপন্ন হয়। যেমন সলফিউরিক অ্যাসিডের অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু (ইহার আণবিক সংকেত H_2SO_4) আছে এবং সোডিয়াম দ্বারা হাইড্রোজেনের পরমাণু দুইটি পর পর প্রতিস্থাপিত হইলে দুইটি বিভিন্ন লবণ উৎপন্ন হয়। যথা

$$H_2SO_4 \xrightarrow{Na} NaHSO_4 \text{ এবং } Na_2SO_4$$

সেইরূপ H_3PO_4 (ফসফোরিক অ্যাসিড) $\xrightarrow{Na}$ NaH_2PO_4 Na_2HPO_4 Na_3PO_4

কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত সোডিয়ামের বিক্রিয়ার ফলে একটিমাত্র লবণ পাওয়া যায় অর্থাৎ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে যে হাইড্রোজেন আছে তাহা এক দফায় সোডিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়। অতএব হাইড্রোক্লোরিক-অ্যাসিডের অণুতে একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু আছে।

$\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন = 1 হাইড্রোজেন পরমাণু।

হাইড্রোজেনের অণুতে মাত্র দুইটি পরমাণু আছে।

এইভাবে দেখাণ যায় যে ক্লোরিণের অণুতে মাত্র দুইটি ক্লোরিণ পরমাণু আছে।

(খ) হাইড্রোজেনের মত অক্সিজেন অণুও দ্বি-পরমাণুক।

পরীক্ষা দ্বারা দেখা গিয়াছে যে এক আয়তন অক্সিজেন দুই আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া দুই আয়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। যদি গ্যাসের 1 আয়তনে n সংখ্যক অণু বর্তমান থাকে (পরীক্ষার সময়ের উষ্ণতায় ও চাপে) তাহা হইলে

n অণু অক্সিজেন + 2n অণু হাইড্রোজেন = 2n অণু জলীয় বাষ্প।

অথবা 1 অণু অক্সিজেন + 2 অণু হাইড্রোজেন = 2 অণু জলীয় বাষ্প।

$\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন + 1 অণু হাইড্রোজেন = 1 অণু জলীয় বাষ্প।

অর্থাৎ জলীয় বাষ্পের একটি অণুতে $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন আছে। অতএব অক্সিজেন অণুতে অন্তত দুইটি পরমাণু থাকা প্রয়োজন। এক্ষণে জলীয় বাষ্প হইতে ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়ার ফলে এক দফায় অক্সিজেন প্রতিস্থাপিত করা যায়। কাজেই জলীয় বাষ্পের অণুতে অক্সিজেনের মাত্র এক পরমাণু বর্তমান বলিয়া মনে করা হয়।

$\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন = 1 পরমাণু অক্সিজেন।

অক্সিজেন অণু দ্বি পরমাণুক।

এইভাবে মৌলিক গ্যাসগুলি প্রায়ই দ্বি পরমাণুক বলিয়া প্রমাণ করা হইয়াছে। এই উক্তির সত্যতা আরও বিভিন্ন উপায়ে প্রমাণিত হইয়াছে।

কাজেই হাইড্রোজেন অক্সিজেন নাইট্রোজেন ও ক্লোরিণের আণবিক সংকেত যথাক্রমে H_2 O_2 N ও Cl_2 লেখা হয়।

(2) গ্যাসের আণবিক ওজন = 2 × তাহার বাষ্পীয় ঘনত্ব (M = 2D)

কোন গ্যাসীয় পদার্থের বাষ্পীয় ঘনত্ব বলিতে একই উষ্ণতায় ও চাপে উহার সম আয়তন হাইড্রোজেন অপেক্ষা উহা কতগুণ ভারী তাহাই বুঝায়।

অতএব সংজ্ঞা অনুসারে

$$\text{কোন গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব} = \frac{\text{X আয়তন গ্যাসের ওজন}}{\text{X আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

(একই উষ্ণতায় ও চাপে আয়তন মাপিয়া)

এক্ষণে বাষ্পীয় ঘনত্বকে D দ্বারা বুঝাইয়া এবং X আয়তন গ্যাসে n সংখ্যক অণু আছে মনে করিয়া আমরা লিখিতে পারি।

$$D = \frac{\text{গ্যাসের n অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের n অণুর ওজন}} \text{ (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে)}$$

$$= \frac{n \times \text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{n \times \text{হাইড্রোজেনের একটি অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{2 \times \text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}$$

(যেহেতু হাইড্রোজেন অণু দ্বি পরমাণুক)

$$= \frac{\text{গ্যাসের আণবিক ওজন}}{2}$$

$$= \frac{M}{2} \text{ (গ্যাসের আণবিক ওজন M দ্বারা প্রকাশ করিয়া)}$$

$$M = 2D$$

দ্রষ্টব্য মনে রাখিতে হইবে যে কোন পদার্থের আণবিক ওজন বলিতে বুঝায় যে ঐ পদার্থের এক অণু হাইড্রোজেনের এক পরমাণুর তুলনায় কতগুণ ভারী।

(3) প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে এক গ্রাম অণু পরিমাণ যে কোন গ্যাসের আয়তন একই হয় এবং তাহা 22.4 লিটার

যে কোন পদার্থের আণবিক গুরুত্ব যত হয় তাহাকে গ্রামে (gramme সংক্ষেপে gram) প্রকাশ করিলে উহাকে পদার্থটির **গ্রাম অণু** বলা হয়। যথা জলের আণবিক গুরুত্ব 18 তাই এক গ্রাম অণু জল বলিতে আমরা 18 গ্রাম জল বুঝি।

পারমাণবিক গুরুত্বের পরিমাপে হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর গুরুত্বকে এক ধরা হয়। ইহার কারণ হাইড্রোজেন লঘুতম পদার্থ। হাইড্রোজেন অণু দ্বি পরমাণুক অর্থাৎ উহার অণুতে দুইটি পরমাণু বিদ্যমান। অতএব হাইড্রোজেনের আণবিক গুরুত্ব = 2। দুই গ্রাম হাইড্রোজেন বলিতে আমরা 1 গ্রাম অণু হাইড্রোজেন বুঝি।

(ক) মনে করা যাউক একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রকৃত ওজন = W গ্রাম। অতএব হাইড্রোজেনের একটি অণুর ওজন = 2W গ্রাম = হাইড্রোজেনের গ্রাম অণু।

$$\text{এক গ্রাম অণু হাইড্রোজেনের অণুর সংখ্যা} = \frac{2}{2W} = \frac{1}{W}$$

(খ) আবার পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে জলীয় বাষ্পের বাষ্পীয় ঘনত্ব হইল 9। অতএব জলীয় বাষ্পের আণবিক গুরুত্ব = 2 × 9 = 18, অর্থাৎ জলীয় বাষ্পের একটি অণু হাইড্রোজেনের পরমাণু অপেক্ষা 18 গুণ ভারী।

জলীয় বাষ্পের একটি অণুর প্রকৃত ওজন $= 18W$ গ্রাম $=$ এক গ্রাম অণু জলীয় বাষ্প।

এক গ্রাম অণু জলীয় বাষ্পে অণুর সংখ্যা $= \frac{18}{18W} = \frac{1}{W}$

(গ) পরীক্ষায় পাওয়া যায় যে কার্বন ডাই অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব $= 22$। অতএব কার্বন ডাই অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 22 = 44$।

কার্বন ডাই অক্সাইডের একটি অণুর প্রকৃত ওজন $= 44W$ গ্রাম

$=$ এক গ্রাম অণু কার্বন ডাই অক্সাইড।

এক গ্রাম অণু কার্বন ডাই অক্সাইডে অণুর প্রকৃত সংখ্যা

$= \frac{44}{44W} = \frac{1}{W}$।

অতএব (ক), (খ) এবং (গ) হইতে দেখা যাইতেছে যে যে কোন গ্যাসের এক গ্রাম অণুতে অণুর সংখ্যা সমান হয়। এক গ্রাম অণুতে অণুর সংখ্যাকে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা (Avogadro Number) বলা হয়। নানা উপায়ে পরীক্ষালব্ধ জ্ঞান হইতে গণনা করিয়া দেখা গিয়াছে যে যে কোন গ্যাসের গ্রাম অণুতে তাহার অণুর সংখ্যা $6 \cdot 06 \times 10^{23}$।

আবার অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের এক গ্রাম অণুর আয়তন একই উষ্ণতায় ও চাপে একই হইবে কারণ ইহাতে অণুর সংখ্যা একই হয়। সুতরাং নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে এক গ্রাম অণু যে কোন গ্যাসের আয়তন একই হইবে। এই আয়তন নিম্নলিখিতভাবে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে গাণিতিক উপায়ে স্থির করা হইয়াছে

(ক) হাইড্রোজেনের এক গ্রাম অণু $= 2$ গ্রাম।

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1 লিটার হাইড্রোজেন ওজন করিয়া দেখান হইয়াছে যে তাহার ওজন $0 \cdot 08986$ গ্রাম $= 0 \cdot 09$ গ্রাম আসন্ন দ্বিতীয় দশমিক পর্যন্ত।

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে এক গ্রাম অণু হাইড্রোজেনের আয়তন

$= \frac{2}{0 \cdot 09}$ লিটার $= 22 \cdot 2$ লিটার

(খ) জলীয় বাষ্পের বাষ্পীয় ঘনত্ব $= 9$

জলীয় বাষ্পের এক গ্রাম অণু $= 18$ গ্রাম

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে (যদি জলীয় বাষ্প বাষ্প অবস্থায় থাকে)

1 লিটার জলীয় বাষ্পের ওজন হইবে 9×0.09 গ্রাম (সংজ্ঞা অনুসারে)

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে এক গ্রাম অণুর আয়তন $= \frac{18}{9 \times 0.09}$ লিটার

$= \frac{2}{0.09}$ লিটার $= 22.2$ লিটার।

(গ) কার্বন ডাই অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব $= 22$

কার্বন ডাই অক্সাইডের এক গ্রাম অণু $= 22 \times 2$ গ্রাম $= 44$ গ্রাম।

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1 লিটার কার্বন ডাই অক্সাইডের ওজন হইবে 22×0.09 গ্রাম

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে এক গ্রাম অণু কার্বন ডাই অক্সাইডের আয়তন

$= \frac{44}{22 \times 0.09}$ লিটার $= 22.2$ লিটার,

অতএব প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের এক গ্রাম অণুর আয়তন হইবে 22.2 লিটার।

হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 1 না ধরিয়া যদি অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 16 ধরিয়া হিসাব করা যায় তবে যে কোন গ্যাসের গ্রাম অণুর আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22.2 লিটারের পরিবর্তে 22.4 লিটার হইবে। তাহার কারণ অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 ধরিলে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন হইবে 1.008 এবং হাইড্রোজেনের আণবিক ওজন হইবে 2.016 এবং এক গ্রাম অণু হাইড্রোজেনের (2.016 গ্রাম) প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে আয়তন হইবে

$\frac{2.016}{0.09}$ লিটার $= 22.4$ লিটার।

0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও 76 সেন্টিমিটার পারদের চাপে 22.4 লিটার পরিমাণ আয়তনের যে কোন গ্যাসের ওজন গ্রামে প্রকাশ করিলে তাহা উক্ত গ্যাসের এক গ্রাম অণুর সমান এবং সেই সংখ্যাটি পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব প্রকাশ করে। যথা, প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22.4 লিটার অক্সিজেনের ওজন হইল 32 গ্রাম। এখন এক গ্রাম অণু অক্সিজেন $= 32$ গ্রাম এবং অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব $= 32$।

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22.4 লিটারকে যে কোন গ্যাসের **গ্রাম আণবিক আয়তন (Gram-molecular volume)** বলে কারণ যে কোন গ্যাসের **আণবিক গুরুত্ব গ্রামে প্রকাশ করিলে সেই পরিমাণ গ্যাসটি প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22.4 লিটার আয়তনের হইবে।**

(4) আয়তনিক সংযুতি হইতে যৌগিক গ্যাসের আণবিক সংকেত (Molecular formula of a compound gas from its volumetric composition)

(ক) নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সংকেত পরীক্ষা দ্বারা জানা যায় যে এক আয়তন নাইট্রাস অক্সাইড হইতে এক আয়তন নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। অতএব 1 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে 1 আয়তন নাইট্রোজেন থাকে। মনে করা যাউক যে এক আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে n সংখ্যক অণু আছে। অতএব

n সংখ্যক নাইট্রাস অক্সাইডের অণুতে n সংখ্যক নাইট্রোজেন অণু আছে
(অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে)

1 অণু নাইট্রাস অক্সাইডে এক অণু নাইট্রোজেন থাকে। কিন্তু নাইট্রোজেন অণু দ্বি পরমাণুক (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে)

1 অণু নাইট্রাস অক্সাইডে 2 পরমাণু নাইট্রোজেন আছে।

সুতরাং ইহার সংকেত হইল N_2O_x এখানে x = অক্সিজেনের পরমাণু সংখ্যা এবং সেইহেতু একটি পূর্ণসংখ্যা।

নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক ওজন হইবে $2 \times 14 + 16 \times x$ এক্ষণে পরীক্ষাদ্বারা পাওয়া যায় যে নাইট্রাস অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 22। অতএব ইহার আণবিক ওজন = $2 \times 22 = 44$ (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে)

$$28 + 16x = 44$$
$$16x = 16$$
$$x = 1$$

নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সংকেত হইল N_2O

(খ) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের আণবিক সংকেত পরীক্ষা দ্বারা জানা যায় যে 1 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপাদন করে। মনে করা যাউক যে এক আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে n সংখ্যক অণু থাকে। অতএব অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে

n সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু + n সংখ্যক ক্লোরিণ অণু = 2n সংখ্যক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু।

1 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু ক্লোরিণ = 2 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

এক্ষণে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের প্রথম অনুসিদ্ধান্ত অনুসারে হাইড্রোজেন অণু এবং ক্লোরিণ অণু দ্বি পরমাণুক

1 পরমাণু হাইড্রোজেন + 1 পরমাণু ক্লোরিণ = 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আণবিক সংকেত হইল $(HCl)_x$ যেখানে x একটি পূর্ণসংখ্যা।

ইহার আণবিক ওজন হইল $(1 + 35.5)_x$

পরীক্ষামূলক ভাবে জানা আছে যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 18.25। অতএব হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের আণবিক ওজন

$$= 2 \times 18.25 = 36.5$$

$$(36.5)_x = 36.5$$

$$x = 1$$

অতএব হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আণবিক সংকেত হইল HCl

(5) মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়।

পারমাণবিক ওজনের সংজ্ঞা নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হয়। একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনের তুলনায় অন্য একটি মৌলিক পদার্থের পরমাণু যতগুণ ভারী হয় সেই সংখ্যাকে মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক ওজন বলা হয়। একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন এক ধরা হয় কারণ হাইড্রোজেন হইল লঘুতম মৌল এবং সেই কারণে যে সংখ্যা দিয়া এই ওজনকে গুণ করিলে অন্য মৌলিক পদার্থের পরমাণুর ওজন পাওয়া যায় তাহাই উক্ত অন্য মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন।

অতএব মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন

$$= \frac{\text{মৌলিক পদার্থের এক পরমাণুর প্রকৃত ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের এক পরমাণুর প্রকৃত ওজন}}$$

সেই কারণে যাহাকে আমরা মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন বলি তাহা আপেক্ষিক সংখ্যা মাত্র। ইহার কোন একক নাই।

মৌলিক পদার্থের এই পারমাণবিক ওজনকে অন্যভাবেও প্রকাশ করা যায়। একটি মৌলিক পদার্থ অন্যান্য মৌলিক পদার্থের সহিত রাসায়নিক সংযোগে অনেক

প্রকার যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করিয়া থাকে। এইরূপে উৎপন্ন যৌগিক পদার্থগুলির অণুতে উক্ত একটি মৌলিক পদার্থের এক, দুই তিন বা তারও বেশী পরমাণু থাকিতে পারে। কিন্তু যেহেতু পরমাণু অবিভাজ্য তাই উক্ত মৌলিক পদার্থ হইতে উৎপন্ন যৌগগুলিতে অন্তত পক্ষে উক্ত মৌলের একটি পরমাণু অবশ্যই থাকিবে। কর্বনের অনেক যৌগ জানা আছে যথা কার্বন ডাই অক্সাইড (CO_2) কার্বন মনোক্সাইড (CO), মিথেন (CH_4) ইথিলিন (C_2H_4) অ্যাসিটিলিন (C_2H_2) প্রভৃতি। কিন্তু কার্বনের এমন কোন যৌগ জানা নাই যাহাতে কার্বনের একটি পরমাণু অপেক্ষা কম কার্বন আছে। সুতরা কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন বলিতে আমরা বুঝি যে উক্ত মৌলের যতগুলি যৌগ জানা আছে তাহাদের আণবিক ওজনের মধ্যে মৌলের যে সর্বাপেক্ষা কম ওজন দেখিতে পাওয়া যায় তাহাই উক্ত মৌলের একটি পরমাণুর ওজন অর্থাৎ পারমাণবিক ওজন।

পারমাণবিক ওজনের এই সংজ্ঞা অবলম্বন করিয়া অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের প্রয়োগে পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের পদ্ধতি প্রথমে উদ্ভাবন করেন অ্যাভোগাড্রোর স্বদেশীয় ও ছাত্র ক্যানিজ্জারো।

এই পদ্ধতি নিম্নলিখিতভাবে প্রয়োগ করা হয়।

(ক) প্রথমত যে মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিতে হইবে তাহার অনেকগুলি গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগ প্রস্তুত করিয়া সংগ্রহ করা হয়।

(খ) দ্বিতীয়ত উক্ত গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগিক পদার্থগুলির বাষ্পীয় ঘনত্ব পরীক্ষা দ্বারা মাপিয়া তাহাদের আণবিক ওজন নির্ণয় করা হয়। (2 × বাষ্পীয় ঘনত্ব = আণবিক ওজন)।

(গ) তৃতীয়ত উক্ত যৌগিক পদার্থগুলির বিশ্লেষণ দ্বারা তাহাদের আণবিক ওজনের ভিতর মৌলিক পদার্থের কত ওজন বিদ্যমান আছে তাহা স্থির করা হয়।

(ঘ) চতুর্থত এই বিশ্লেষণের ফলে বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের ভিতর মৌলিক পদার্থটির যে ন্যূনতম ওজন দেখিতে পাওয়া যায়—তাহাই সেই মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক ওজন।

উপরের নিয়মানুসারে নিম্নে কয়েকটি মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিয়া দেখান হইল।

(1) অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ঃ অক্সিজেন অনেক যৌগিক পদার্থ গঠন করে এবং তাহার অনেকগুলিই গ্যাস বা উচ্চ উষ্ণতায় গ্যাসীয়

অবস্থায় পরিবর্তিত করা যায়। কাজেই তাহাদের বাষ্পীয় ঘনত্ব সহজেই পরীক্ষা-মূলকভাবে নির্ণয় করা যায়। তাহাদের বিশ্লেষণের ফলে পাওয়া যায়

অক্সিজেনের যৌগ	বাষ্পীয় ঘনত্ব	আণবিক ওজন	যৌগে অক্সিজেনের শতকরা ভাগ	যৌগের অণুতে অক্সিজেনের ওজন
জল	9	18	88 8	16
নাইট্রিক অক্সাইড	15	30	53 3	16
কার্বন ডাই অক্সাইড	22	44	72 73	32
সলফার ডাই অক্সাইড	32	64	50	32
সলফার ট্রাই অক্সাইড	40	80	60	48

অতএব অক্সিজেনের উদ্ধৃত যৌগগুলির অণুর ভিতর অক্সিজেনের ন্যূনতম ওজন হইল 16 সুতরাং 16 হইল অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন। যদি কখনও অক্সিজেনের এমন কোন যৌগিক পদার্থ আবিষ্কৃত হয় যাহার এক অণুতে অক্সিজেনের পরিমাণ 16 অপেক্ষা কম হয়, তখন অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন সেই ন্যূনতম সংখ্যা হইবে। যতদিন সেইরূপ অক্সিজেনের কোন যৌগ আবিষ্কৃত না হয় ততদিন 16কেই অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন ধরা হইবে।

(ii) **কার্বনের পারমাণবিক ওজন** কার্বনের গ্যাসীয় যৌগ বা সহজে গ্যাসে পরিণত করা যায় এমন যৌগ লইয়া তাহাদের বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করা হয় এবং বিশ্লেষণ করিয়া তাহাদের এক অণুতে কার্বনের পরিমাণ নির্ধারণ করিলে দেখা যায়

কার্বনের যৌগ	বাষ্পীয় ঘনত্ব	আণবিক ওজন	যৌগে কার্বনের শতকরা ভাগ	যৌগের অণুতে কার্বনে
কার্বন মনোক্সাইড	14	28	42 6	12
কার্বন ডাই অক্সাইড	22	44	27 27	12
মিথেন	8	16	75 00	12
ইথিলিন	14	28	85 71	24
অ্যাসিটিলিন	13	26	92 3	24

কার্বনের বিভিন্ন যৌগের অণুর ভিতর কার্বনের নিম্নতম ওজন 12 সুতরাং কার্বনের পারমাণবিক ওজন 12।

(iii) **নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন** —

নাইট্রোজেনের ওজন	বাষ্পীয় ঘনত্ব	আণবিক ওজন	যৌগে নাইট্রোজেনের শতকরা ভাগ	যৌগের অণুতে নাইট্রোজেনের ওজন
অ্যামোনিয়া	8 5	17	82 35	14
নাইট্রাস অক্সাইড	22	44	63 63	28
নাইট্রিক্ অক্সাইড	15	30	46 67	14
নাইট্রোজেন ট্রাই অক্সাইড	38	76	36 85	28
নাইট্রোজেন পার অক্সাইড	23	46	60 87	14

নাইট্রোজেনের যৌগগুলির মধ্যে নাইট্রোজেনের নিম্নতম ওজন হইল 14 অতএব নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন হইল 14।

গ্রাম আণবিক ওজন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর অথবা অণুর ওজন অতিশয় নগণ্য কারণ তাহারা অতিশয় ক্ষুদ্র। সেই কারণে তুলাদণ্ড (Balance) ব্যবহার করিয়া তাহাদের প্রকৃত ওজন নির্ণয় করা যায় না। সেই কারণে কোন মৌলের পরমাণুর ওজন তুলনামূলকভাবে নির্দ্ধারণ করা হয়। লঘুতম মৌল হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজনকে একক ধরিয়া অন্য একটি মৌলিক পদার্থের পরমাণুর ওজন হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজনের তুলনায় কত গুণ তাহাই নির্ণয় করিয়া তুলনামূলকভাবে উক্ত মৌলের পারমাণবিক ওজন প্রকাশ করা হয়। তাই যখন বলা হয় ক্লোরিণের পারমাণবিক ওজন 35 5 তখন বুঝিতে হইবে যে ক্লোরিণের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর তুলনায় 35 5 গুণ ভারী।

কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের আণবিক ওজন নির্ণয় করিতে হইলে সেই মৌলিক বা যৌগিক পদার্থে কোন্ মৌলের কতগুলি পরমাণু আছে জানিয়া সেই পরমাণুগুলির ওজন যোগ করিলে আণবিক ওজন পাওয়া যায়। যথা অক্সিজেনের অণুতে তাহার দুইটি পরমাণু বিদ্যমান এবং ইহার আণবিক সংকেত হইল O_2, অতএব ইহার আণবিক ওজন 2 × 16 অথবা 32। জলের আণবিক সংকেত H_2O,

ইহার আণবিক ওজন $= 2 \times 1 + 16 = 18$। যেহেতু পারমাণবিক ওজনসমূহ যোগ করিয়া পদার্থের আণবিক ওজন পাওয়া যায় সেই হেতু আণবিক ওজনও হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজনের তুলনামূলক ওজন মাত্র।

তাই কোন পদার্থের আণবিক ওজন $= \dfrac{\text{পদার্থের এক অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}$

ইহাও একটি সংখ্যা মাত্র ইহার একক নাই।

রাসায়নিক গণনার সুবিধার জন্য মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন এবং মৌলিক ও যৌগিক পদার্থের আণবিক ওজন গ্রামে (Gramme ছোট করিয়া বলা হয় Gram) প্রকাশ করা হয়। গ্রামই ওজনের বৈজ্ঞানিক একক।

গ্রাম-পরমাণু কোন মৌলের পরমাণুর ওজন যখন গ্রামে প্রকাশ করা হয় তখন তত গ্রাম ওজনের মৌলিক পদার্থকে বলা হয় এক **গ্রাম পরমাণু (Gram atom)** এবং গ্রামে প্রকাশিত উহার পারমাণবিক ওজনকে বলা হয় **গ্রাম-পারমাণবিক ওজন(Gram atomic weight)**।

গ্রাম অণু —তেমনই কোন মৌল বা যৌগ পদার্থের অণুর ওজন যখন গ্রামে প্রকাশ করা হয় তখন সেই তত গ্রাম ওজনের উক্ত পদার্থকে বলা হয় এক **গ্রাম অণু (Gram molecule)** এবং গ্রামে প্রকাশিত উহার অণুর ওজনকে বলা হয় **গ্রাম-আণবিক ওজন (Gram molecular weight)**।

পূর্বে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যার কথা বলা হইয়াছে। ইহা দ্বারা আমরা বুঝি অণুর সংখ্যা যাহা প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে প্রকাশিত গ্রাম অণুর আয়তনে (22.4 লিটার) থাকে। এই আয়তনে অণুর সংখ্যা হইল 6.06×10^{23}। হাইড্রোজেনের গ্রাম অণু বলিতে আমরা 2.016 গ্রাম হাইড্রোজেনকে বুঝি। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে ইহার আয়তন 22.4 লিটার হয়। তাহার ভিতর ইহার অণুর সংখ্যা 6.06×10^{23}।

অতএব হাইড্রোজেনের একটি অণুর প্রকৃত ওজন $\dfrac{2.016}{6.06 \times 10^{23}}$ গ্রাম $= 0.3327 \times 10^{-23}$ গ্রাম এবং যেহেতু হাইড্রোজেন অণু দ্বিপরমাণুক হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর প্রকৃত ওজন হইল 0.1663×10^{-23} গ্রাম বা 000 000 000 000 000 000 000 001 663 গ্রাম। যেহেতু অন্যান্য পরমাণুর ওজন হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজনের তুলনায় নির্ণয় করা হয়, তাই ম্যাগনেসিয়ামের পরমাণুর ওজন হইবে $0.1663 \times 10^{-23} \times 24$ গ্রাম $= 3.984 \times 10^{-23}$ গ্রাম $=$ 0.000 000,000,000 000,

000 000 0৩৭ 84গ্রাম। এই স খ্যাগুলি এত ক্ষুদ্র যে রাসায়নিক গণনায় তাহাদের ব্যবহার কষ্টসাধ্য এব মূল্যহীন কারণ এত ক্ষুদ্র স খ্যার কোন ধারণা করা যায় না। তাই হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজন এক ধরিয়া অন্য সমস্ত মৌলের পারমাণবিক ওজন স্থির করা হয় এব সেই স খ্যা গুলি রাসায়নিক গণনায় ব্যবহার করা হয়।

পূর্বে দেখান হইয়াছে যে গ্রাম আণবিক আয়তনে (অর্থাৎ যখন কোন গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন গ্রামে প্রকাশ করা হয় তখন তাহার আয়তন) প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22 4 লিটার হয়। অর্থাৎ যে কোন গ্যাসের 22 4 লিটার বা 22 400 ঘন সেন্টিমিটারের ওজন তাহার গ্রামে প্রকাশিত আণবিক ওজনের সমান হয়।

অঙ্ক উদাহরণ 1। অ্যামোনিয়ার গ্রাম আণবিক ওজন কত?

অ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত হইল NH_3 অতএব ইহার গ্রাম আণবিক ওজন $=(14+3\times 1)$ গ্রাম $=17$ গ্রাম।

উদাহরণ 2। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 100 ঘন সেন্টিমিটার অ্যামোনিয়ার ওজন কত হইবে?

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22 4 লিটার বা 22400 ঘন সেন্টিমিটার আয়তনের অ্যামোনিয়ার ওজন হইবে 17 গ্রাম (গ্রাম আণবিক ওজন)।

$$1 \text{ ঘন সেন্টিমিটার অ্যামোনিয়ার ওজন} = \frac{17}{22400} \text{ গ্রাম}$$

$$100 \quad " \quad " \quad " \quad = \frac{17\times 100}{22400} \text{ গ্রাম}$$

$$= \frac{17}{224} \text{ গ্রাম} = 0\ 0759 \text{ গ্রাম।}$$

উদাহরণ 3। 2 গ্রাম মিথেন র 27 সেন্টিগ্রেড ও 750 মিলিমিটার চাপে কত আয়তন হইবে?

মিথেনের (CH_4) গ্রাম আণবিক ওজন হল $(12+4\times 1)$ গ্রাম বা 16 গ্রাম। 16 গ্রাম মিথেনের প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে (0 সেন্টিগ্রেড ও 760 মিলিমিটার চাপ) আয়তন হয় 22 4 লিটার বা 22400 ঘন সেন্টিমিটার। অতএব 2 গ্রাম মিথেনের প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে আয়তন হইবে $\frac{22400}{16}\times 2$ ঘন সেন্টিমিটার $=2800$ ঘন সেন্টিমিটার।

মনে করা যাউক যে 27 সেন্টিগ্রেড এবং 750 মিলিমিটার চাপে ইহার আয়তন হয় V ঘন সেন্টিমিটার।

অতএব বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে—

$$\frac{2800 \times 760}{273+0} = \frac{V \times 750}{273+27}$$

$$V = \frac{2800 \times 760 \times 300}{750 \times 273}$$ ঘন সেন্টিমিটার = 3117.9 ঘন সেন্টিমিটার।

উদাহরণ 4। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 100 ঘন সেন্টিমিটার কোন গ্যাসের ওজন দেওয়া আছে 0.1964 গ্রাম। গ্যাসটির গ্রাম আণবিক ওজন স্থির কর। যে কোন গ্যাসের গ্রাম আণবিক আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে হইল 22400 ঘন সেন্টিমিটার অর্থাৎ 22400 ঘন সেন্টিমিটার গ্যাসের ওজন হইবে তাহার গ্রামে প্রকাশিত আণবিক ওজন।

এখানে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 100 ঘন সেন্টিমিটার গ্যাসের ওজন = 0.1964 গ্রাম

∴ প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22400 ঘন সেন্টিমিটার গ্যাসের ওজন হইবে 0.1964 × 224 গ্রাম = 44 গ্রাম

অতএব গ্যাসটির গ্রাম আণবিক ওজন = 44 গ্রাম।

উদাহরণ 5। একটি গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব 30, উক্ত গ্যাসের 20 গ্রামের 27 সেন্টিগ্রেড এবং 750 মিলিমিটার চাপে কত আয়তন হইবে? গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 30, অতএব তাহার আণবিক ওজন = 2 × 30 = 60।

অতএব প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 60 গ্রাম গ্যাসের আয়তন হইবে 22.4 লিটার = 22400 ঘন সেন্টিমিটার।

∴ গ্যাসটির 20 গ্রামের প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে আয়তন হইবে $\frac{22.4 \times 20}{60}$ লিটার = $\frac{22.4}{3}$ লিটার,

মনে করা যাউক যে উক্ত গ্যাসের 27 সেন্টিগ্রেড এবং 750 মিলিমিটার চাপে আয়তন হইবে V লিটার।

অতএব বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে

$$\frac{V \times 750}{273+27} = \frac{\frac{22.4}{3} \times 760}{273+0}$$

$$V = \frac{22.4}{3} \times \frac{760 \times 300}{750 \times 27} \text{ লিটার} = 8.31 \text{ লিটার}$$

Questions

1 State Gay Lussac s law of aseous volumes and explain it with examples

১। গে লুসাকের । আ ন স্ব টি স জ্ঞা লিখ উদাহ ণ দ্বা কর ইয়া দাও।

2 What hypothesis was er ui c ated by Berzelius for correlating Dalton s Atomic Theory and Gay Lu ac s law of aseous volumes ; Show the inadequacy of this hypothesi in explaining the volumetric composition of hydro en chloride

২। ড লটনের পর - ণুবা ও । া কে স্ব. র যস ন করিতে বার্জেলিয়াস কোন্ সিদ্ধান্ত উপস্থাপিত করেন হাই ে জন ে ডের অ ন নিক ।ঠ নর ব্যাখ্যা করিতে উক্ত সিদ্ধান্তের ব্যর্থতা দেখাইয়া দাও।

3 What hypothe is was stated in order to correlate Dalton s Atomic Theory with Gay Lussac s Law of Gaseous Volumes ? State precisely that hypothesis

৩। ডাল্টনের পর াণুবাদ ব নাহ । র স্বং স ন সাধন করি ব র জন্য কোন্ সূত্র উপস্থাপিত করা হ ? সূ টি । ভা ব উ । কর

4 What is Avogadro s hypothesis How can this hypothesis be used to explain Gay Lussac s law of Gaseous volumes ?

৪। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প কি ? অ্য ভ া ড্র কল্প দ্বা কিভ বে । লুসাকের গ আয়তনিক সূত্র বা কর ?

5 State Avogadro s hypothesi

One volume of hydrogen combines with one volume of chlorine to form two volumes of hydrochloric acid as (the volumes are measured under the ame conditions of temperature and pressure) Deduce the formula of hydrochloric acid gas from this observation given that the molecules of hydrogen and of chlorine are diatomic

[West Ben al Higher Secondary 1960]

6 What is the difference between an atom and a molecule ? How does Dalton s Atomic Theory stand modified in the light of the molecular theory of matter ?

৬। অণু ও পরমাণুর পার্থক্য কি ? অণুবাদের ব র কিভাবে ডাল্টনের পরমাণুবাদ সংশোধিত করা হইয়াছে ?

7 What are the important deductions arrived at from Avogadro's hypothesis? The molecular weight of any gas is twice its gaseous density —deduce the above statement from Avogadro's hypothesis

৭। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে কি কি গুরুত্বপূর্ণ সিদ্ধান্ত করা সম্ভব হইয়াছে? "যে কোন গ্যাসের আণবিক ওজন তাহার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ —এই উক্তিটি অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে প্রমাণ কর

8 The molecules of hydrogen and oxygen are stated to be diatomic Prove the truth of the statement with the help of Avogadro's hypothesis

৮। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অণুকে— দ্বিপরমাণুক বলা হয়। এই উক্তির যাথার্থ্য অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প দ্বারা প্রমাণ কর।

9 The molecular formula of chlorine is written as Cl_2 state evidences in support of this formulation

৯। ক্লোরিনের আণবিক সংকেত Cl_2 লেখা হয় ইহার স্বপক্ষে প্রমাণগুলি উল্লেখ কর।

10 The molecular weight of a gas can be determined from the determination of its gaseous density —explain the statement in all details

১০। যে কোন গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব পরীক্ষামূলকভাবে স্থির করিয়া তাহার আণবিক ওজন নির্ণয় করা যায় —এই উক্তিটি বিশদভাবে বুঝাইয়া দাও।

11 One litre of a gas at 27 C and 750 mm pressure weighs 1 215 grams calculate the molecular weight of the gas [Ans 29 3]

১১ ২৭ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে কোনও গ্যাসের এক লিটারের ওজন হইল ১.২১৫ গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। (উঃ ২৯.৩)

12 Explain how the atomic weights of nitrogen and oxygen has been arrived at by the application of Avogadro's hypothesis

১২। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প প্রয়োগ করিয়া কিভাবে নাইট্রোজেনের এবং অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন নির্ণীত হইয়াছে তাহা বিশদভাবে বুঝাইয়া দাও।

13 What is the difference between molecule and gram molecule and molecular weight and gram molecular weight? At standard temperature and pressure the gram molecular volume is 22 4 litres — establish this statement from Avogadro's hypothesis

১৩। অণু ও গ্রাম অণু এবং আণবিক ওজন ও গ্রাম আণবিক ওজনের ভিতর পার্থক্য কি? প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে প্রত্যেক গ্যাসের গ্রাম আণবিক ওজনের আয়তন হইল ২২.৪ লিটার — এই উক্তিটি অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প প্রয়োগ করিয়া প্রমাণ কর।

14 What should be the volume occupied by 4 grams of Ammonia at 27 C and 750 mm pressure? [Ans 5 868 litres]

১৪। ৪ গ্রাম অ্যামোনিয়ার ২৭ সেন্টিগ্রেড ও ৭৫০ মিলিমিটার চাপে কত আয়তন হইবে? (উত্তর ৫.৮৬৮ লিটার)

15 State Avogadro s Law and show that the molecular wei ht of a gas is twice its relative density

An element E forms two gaseous hydrides A and B which contain 75 and 80 per cent of E and have densities of 8 and 15 respectively Given that A contains only one atom of E in its molecule calculate (a) the atomic we ght of E and (b) the formula of A and B

[Hi her Secondary West Ben al 1964]

[*Ans* (a) 12 (b) IH_4 Γ_2H_6]

১৫ অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পটি উ ল্ল ক ব দেখাও যে কোন গ্যাসের আণবিক ওজন উহ ব ব ক্ষীয ঘনত্বের দ্বিগুণ

একটি মৌল E দুইটি গ্য য হ ই ইড A এব B উৎপন্ন করে উহার প্রথমটিতে ৭৫/ এব দ্বিতী টিতে ৮০ মৌল E ি উহ ক্ষী ঘনত্ব যথাক্রমে ৮ ৫ ১৫। দি জ না থাকে যে A তে E ক ব ক ব মনু বি য ন আছে াহা হই ল (ক) E এব পা াবিক ওজন এবং (খ) A B এব স ক নি কর।

উত্তর (a) (b) EH_4 Γ_2H

চতুর্বিংশ অধ্যায

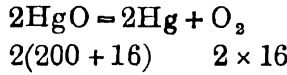
ওজন ও আযতন সম্পর্কিত গণনা

(Simple Calculations from equations of reacting weights of substances and volumes of gases)

বাসাযনিক সমীকরণ হইতে ওজন স ক্রান্ত গণনা (Calculations involving weights and weights) এ বিষয় বম শ্রীব জন্য লিখিত "রসায়নের গোড়ার কথা প্রথম াগ (চতুর্থ স স্করণ) আলোচিত হইয়াছে (পৃ ১৬৮ ৬৯)। এখানে আব ও কয়ক দা ব দিয়া বিষয়টি বুঝান হইল। রাসায়নিক ক্রিয়াটির সমীকরণ নিভু ল ক িখতে হ। যে পদার্থেব পবিবর্তন হয় তাহার স কেতেব নীচে াহার স কে অনুসারে ওজন লিখিতে হয়। যে উৎপন্ন পদার্থের সম্বন্ধে গ না করিতে হইবে া বও স কেতের নীচে তা র স কেত অনুসারে ওজন লিখিতে হয়। া বে পব প্রয়োজনীয বিষয গ না কবা হয়। কতগুল সাধারণ প্রশ্নে প্রকা করা য।

উদাহরণ 1। 200 গ্রাম মাবকিউরিক াইড তপ্ত করিয়া যে পরিমাণ অক্সিজেন উৎপ হ সেই পরিমা অক্সিজেন পা ে ইলে কত গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করা প্রয়োজন হইবে?

মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে মারকারী ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াটির সমীকরণ হইল

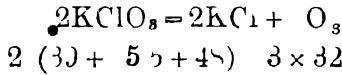
$$2HgO = 2Hg + O_2$$
$$2(200+16) \qquad 2 \times 16$$

এই সমীকরণ হইতে জানা যায় যে

2×216 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে 2×16 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়।

200 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে $\frac{2 \times 16}{2 \times 216} \times 200$ গ্রাম

বা $\frac{400}{27}$ গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যাইবে।

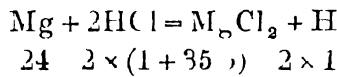
পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে নিম্নলিখিত সমীকরণ অনুসারে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$
$$2(39+35.5+48) \qquad 3 \times 32$$

এই সমীকরণ হইতে জানা যায় যে

2×122.5 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে 96 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায়। অতএব 1 গ্রাম অক্সিজেন পাইতে হইলে $\frac{2 \times 122.5}{96}$ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করিতে হইবে। অতএব $\frac{400}{27}$ গ্রাম অক্সিজেন পাইতে হইলে $\frac{2 \times 122.5}{96} \times \frac{400}{27}$ গ্রাম বা **37.8 গ্রাম** পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিতে হইবে।

উদাহরণ 2। **2.4** গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের উপর 16 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করা হইল। কত গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে?

ম্যাগনেসিয়ামের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার **সমীকরণ** হইল

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$
$$24 \quad 2 \times (1+35.5) \quad 2 \times 1$$

উপরের সমীকরণ হইতে আমরা জানিতে পারি যে,

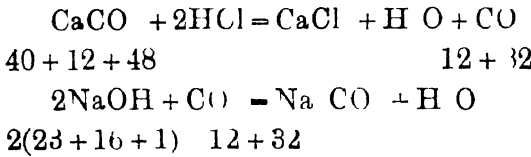
24 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম 2×36.5 বা 73 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত রাসায়নিকভাবে ক্রিয়া করে এবং তাহাতে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। অতএব 2.4 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম 7.3 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত রাসায়নিকভাবে ক্রিয়া করিতে পারে। কিন্তু 16 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক

অ্যাসিড যোগ করায় সমস্ত ম্যাগনেসিয়াম গলিয়া যাইবে এবং 7 3 গ্রামের উপর যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড আছে তাহা উদ্বৃত্ত থাকিবে। ম্যাগনেসিয়ামের ওজন অনুসারে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে। 24 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হইতে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। অতএব 2 4 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হইতে 0 2 **গ্রাম** হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে।

উদাহরণ 3। 50 গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডকে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিবর্তিত করিতে যে কার্বন ডাই অক্সাইড প্রয়োজন হয় তাহা পাইতে হইলে কি পরিমাণ ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিতে দিতে হইবে?

বিক্রিয়া দুইটির সমীকরণ হইল

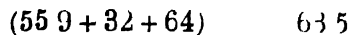
$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$
$$40 + 12 + 48 \qquad\qquad 12 + 32$$

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$
$$2(23 + 16 + 1) \quad 12 + 32$$

উপরে লিখিত সমীকরণ দুইটি হইতে জানিতে পারা যায় যে

2 × 40 গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডকে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিবর্তিত করিতে যে পরিমাণ কার্বন ডাই অক্সাইড প্রয়োজন হয় তাহা 100 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে পাওয়া যায়। অতএব 1 গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের জন্য প্রয়োজন হইবে $\frac{100}{2 \times 40}$ গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট। অতএব 50 গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের জন্য প্রয়োজন হইবে $\frac{100}{2 \times 40} \times 50$ গ্রাম বা **62 5 গ্রাম** ক্যালসিয়াম কার্বনেট।

উদাহরণ 4। কোনও কপার সলফেটের দ্রবণে লোহাচুর যোগ করার ফলে 1 4 গ্রাম কপার পাওয়া গেল। দ্রবণে কি পরিমাণ ফেরাস সলফেট উৎপন্ন হইয়াছে গণনা দ্বারা স্থির কর।

যে বিক্রিয়া দ্বারা কপার সলফেট হইতে কপার পাওয়া যায় তাহার সমীকরণ হইল $CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu$

$$(55 9 + 32 + 64) \qquad 63 5$$

উপরে লিখিত সমীকরণ হইতে জানা যায় যে 63 5 গ্রাম কপার পাওয়া গেলে

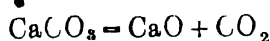
151 9 গ্রাম ফেরাস সলফেট উৎপন্ন হয়। অতএব 1 গ্রাম কপার উৎপন্ন হইলে $\frac{151\ 9}{63\ 5}$ গ্রাম ফেরাস সলফেট উৎপন্ন হইবে। অতএব 1 4 গ্রাম কপার উৎপন্ন হইলে $\frac{151\ 9}{63\ 5}\times 1\ 4$ গ্রাম বা **3 349 গ্রাম** ফেরাস সলফেট উৎপন্ন হইবে।

উদাহরণ 5। একটি ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের মিশ্রণের 1 84 গ্রাম এরূপভাবে উত্তপ্ত করা হইল যে পরিবর্তিত ওজন স্থিরাঙ্কে আসে। তখন অবশিষ্ট কঠিন পদার্থের ওজন দেখা গেল 0 96 গ্রাম। মিশ্রণে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

মনে করা যাউক ক্যালসিয়াম কার্বনেটের ওজন = x গ্রাম।

তাহা হইলে ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের ওজন = (1 84 − x) গ্রাম।

উত্তাপে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের পরিবর্তনের সমীকরণ হইল

$$\underset{100}{CaCO_3} = \underset{56}{CaO} + CO_2$$

সমীকরণ হইতে জানা যায় যে 100 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট উত্তপ্ত করিলে 56 গ্রাম ক্যালসিয়াম অক্সাইড অবশিষ্ট থাকে এবং কার্বন ডাই অক্সাইড উড়িয়া যায়।

x গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে $\frac{56x}{100}$ গ্রাম ক্যালসিয়াম অক্সাইড অবশিষ্ট রূপে পাওয়া যাইবে।

আবার ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের উত্তাপে পরিবর্তনের সমীকরণ হইল

$$\underset{84}{MgCO_3} = \underset{40}{MgO} + CO_2$$

সমীকরণটি হইতে জানা যায় যে 84 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট হইতে 40 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড অবশিষ্টরূপে পাওয়া যায়। অতএব (1 84 − x) গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট হইতে $\frac{40(1\ 84 - x)}{84}$ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড অবশেষ পাওয়া যাইবে।

অতএব প্রশ্নানুসারে $\frac{56x}{100} + \frac{40(1\ 84 - x)}{84} = 0\ 96$

সমীকরণ সমাধান করিলে পাওয়া যায় $x = 1$।

$$\text{ক্যালসিয়াম কার্বনেটের শতকরা পরিমাণ} = \frac{1}{1.84} \times 100 = 54.35$$

$$\text{এবং ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের শতকরা পরিমাণ} = \frac{0.84}{1.84} \times 100 = 45.65।$$

উদাহরণ 6। 10 গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত জল মিশাইয়া 7 গ্রাম ওজনের একখণ্ড ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট তাহার ভিতর যোগ করা হইল। যখন সমস্ত বিক্রিয়া শেষ হইয়া গেল তখন দেখা গেল সে সামান্য ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট উদ্বৃত্ত রহিয়াছে। তাহাকে তুলিয়া লইয়া ধুইয়া ও শুষ্ক করিয়া ওজন করা হইল এবং দেখা গেল যে তাহার ওজন 2.2 গ্রাম। যে সলফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হইয়াছে তাহাতে শতকরা কি পরিমাণ বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড ছিল?

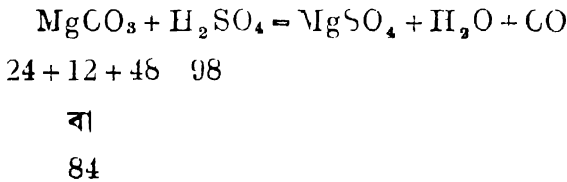
7 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের ভিতর 2.2 গ্রাম বিক্রিয়ার পর অবশিষ্ট ছিল। অতএব (7 − 2.2) বা 4.8 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট সমস্ত সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিতে ব্যয়িত হইয়াছে।

ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের সহিত সলফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার সমীকরণ হইল

$$MgCO_3 + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O + CO_2$$

$$24 + 12 + 48 \quad 98$$

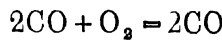
বা

84

উপরের লিখিত সমীকরণ হইতে জানা যায়,

84 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট 98 গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করে। অতএব 1 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট $\frac{98}{84}$ গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করে। অতএব 4.8 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট $\frac{98}{84} \times 4.8$ গ্রাম বা 5.6 গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া ঘটায়। 10 গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হইয়াছিল এবং তাহাতে প্রকৃতপক্ষে 5.6 গ্রাম বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড ছিল। অতএব সলফিউরিক অ্যাসিডে শতকরা বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড ছিল 56 ভাগ।

ওজন ও আযতন সংক্রান্ত গণনা (Calculation involving weight and volume)

যখন কোন গ্যাসীয় পদার্থ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে তখন তাহার প্রত্যেক অণু 1 আয়তন গ্যাস হিসাবে ক্রিয়া করে এবং যখন গ্যাসীয় পদার্থ বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হয় তাহারও 1 অণু 1 আয়তন দখল করে। আযতনগুলি প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে পরিমাপ করা হইতেছে বুঝিতে হইবে। তাই আমরা যখন সমীকরণ দ্বারা লিখি—

$$2CO + O_2 = 2CO$$

তখন সমীকরণটি নিম্নলিখিত অর্থ প্রকাশ করে

(ক) 2 আযতন কার্বন মনোক্সাইড + 1 আযতন অক্সিজেন = 2 আয়তন কার্বন ডাই অক্সাইড (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে)—ইহাই আযতনিক সম্পর্ক।

(খ) 2 × 28 ভাগ কার্বন মনোক্সাইড + 32 ভাগ অক্সিজেন = 2 × 44 ভাগ কার্বন ডাই অক্সাইড—ইহাই তৌলিক সম্পর্ক।

(গ) 2 × 22.4 লিটার কার্বন মনোক্সাইড + 22.4 লিটার অক্সিজেন = 2 × 22.4 লিটার কার্বন ডাই অক্সাইড (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) যেহেতু পূর্বেই দেখান হইযাছে যে ওজনগুলি গ্রামে প্রকাশ করিলে গ্রাম আণবিক আযতন হইল 22.4 লিটার (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে)।

অঙ্ক কষিতে হইলে মনে রাখিতে হইবে

(ক) সমীকরণ হইতে প্রমাণ উষ্ণতায় (0° সেন্টিগ্রেড) ও প্রমাণ চাপে (76 সেন্টিমিটার পারদের চাপ) গ্যাসের আয়তনিক সম্পর্ক পাওয়া যায়।

(খ) গ্রামে প্রকাশিত গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22.4 লিটার আয়তন দখল করে।

(গ) প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = 0.08984 গ্রাম বা সংক্ষেপে 0.09 গ্রাম। ইহা প্রকৃতভাবে রাসায়নিক তৌলদণ্ডে ওজন করিয়া স্থিরীকৃত হইযাছে।

(ঘ) গ্যাসীয় পদার্থের আযতন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে না থাকিলে বয়েল্স ও চার্লসের সূত্রানুসারে $\frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1}$ সমীকরণের সাহায্যে ইহার আযতনকে প্রমাণ অবস্থায় আনিতে হইবে।

(ঙ) গ্যাসের প্রকৃত আয়তন লিটারে বা ঘন সেন্টিমিটারে প্রকাশ করিতে হয়।

(চ) গ্যাসীয় পদার্থের বাষ্পীয় ঘনত্ব × 2 = গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন

নিম্নে কয়েকটি উদাহরণ দ্বারা উপরের বিষয়গুলি বিশদভাবে বুঝান হইয়াছে।

উদাহরণ 1। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 10 লিটার অ্যামোনিয়া পাইতে হইলে কত গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রয়োজন হইবে?

সংশ্লিষ্ট সমীকরণ হইল

$$2NH_4Cl + CaO = 2NH_3 + CaCl_2 + H_2O$$
$$2(14 + 4 + 35.5) \qquad 2 \times 17$$

উপরে লিখিত সমীকরণ হইতে জানা যায় যে

2 × 53.5 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে 2 × 17 গ্রাম অ্যামোনিয়া পাওয়া যাইবে অথবা 53.5 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে 17 গ্রাম অ্যামোনিয়া পাওয়া যাইবে। এক্ষণে 17 গ্রাম হইল এক গ্রাম অণু অ্যামোনিয়া এবং তাহার আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22.4 লিটার। অতএব প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22.4 লিটার অ্যামোনিয়া পাইতে হইলে 53.5 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রয়োজন হয়। অতএব প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 10 লিটার অ্যামোনিয়া পাইতে হইলে $\frac{53.5}{22.4} \times 10$ গ্রাম বা **23.88 গ্রাম** অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রয়োজন হইবে।

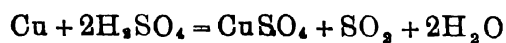
উদাহরণ 2। 27° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 750 মিলিমিটার চাপে 10 লিটার সলফার ডাই অক্সাইড পাইতে হইলে কি পরিমাণ কপারকে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিতে হইবে।

মনে করা যাউক যে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে উৎপন্ন সলফার ডাই অক্সাইডের আয়তন V লিটার। তাহা হইলে বয়েল ও চার্লসের সূত্রানুসারে

$$\frac{750 \times 10}{273 + 27} = \frac{V \times 760}{273 + 0}$$

$$V = \frac{750 \times 10 \times 273}{300 \times 760} \text{ লিটার}$$

$$= 8.98 \text{ লিটার}$$

সংশ্লিষ্ট সমীকরণ হইল

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$
$$63.5 \qquad\qquad 64$$

উপরের সমীকরণ হইতে জানা যায় যে 64 গ্রাম সলফার ডাই অক্সাইড পাইতে হইলে 63.5 গ্রাম কপার প্রয়োজন হয়। এখন 64 গ্রাম সলফার ডাই অক্সাইড মানে উক্ত গ্যাসের এক গ্রাম অণু এবং প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে উহার আয়তন হইল 22.4 লিটার। অতএব প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22.4 লিটার সলফার ডাই অক্সাইড পাইতে হইলে 63.5 গ্রাম কপার প্রয়োজন হয়। অতএব প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 8.9৮ লিটার সলফার ডাই অক্সাইড পাইতে হইলে $\frac{63.5}{22.4} \times 8.98$ গ্রাম বা **25.456 গ্রাম** কপার প্রয়োজন হইবে।

উদাহরণ 3 12 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও 780 মিলিমিটার চাপে অক্সিজেনের কত আয়তন 25 গ্রাম জিঙ্কের উপর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে পোড়ানর জন্য প্রয়োজন হইবে? (Zn = 6১)
সংশ্লিষ্ট সমীকরণদ্বয় হইল

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$
$$6১ \qquad\qquad 2$$
$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$
$$2 \times 2 \quad 32$$

সমীকরণদ্বয় হইতে জানা যায় যে 2×65 গ্রাম জিঙ্ক ব্যবহার করিয়া যে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় তাহা পোড়াইতে 32 গ্রাম অক্সিজেন প্রয়োজন হয়। কিন্তু 32 গ্রাম হইল অক্সিজেনের গ্রাম আণবিক ওজন এবং তাহার আয়তন হইল প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22.4 লিটার। অতএব 2×65 গ্রাম জিঙ্ক হইতে উদ্ভূত হাইড্রোজেন পোড়াইতে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22.4 লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন হয়। সুতরাং 25 গ্রাম জিঙ্ক হইতে প্রাপ্ত হাইড্রোজেন পোড়ানর জন্য $\frac{22.4}{2 \times 65} \times 25$ লিটার (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) বা 4.31 লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন হয়। মনে করা যাউক যে এই অক্সিজেনের 12 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 780 মিলিমিটার চাপে আয়তন হয় V লিটার।

অতএব বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে

$$\frac{P \times V}{T} = \frac{P_1 \times V_1}{T_1}$$

অথবা $$\frac{760 \times 4.31}{273+0} = \frac{750 \times V}{273+12}$$

$$V = \frac{760 \times 4.31 \times 285}{780 \times 273} \text{ লিটার}$$

$$= 4.38 \text{ লিটার।}$$

উদাহরণ 4। 0.0321 গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড মিশ্রিত অ্যালুমিনিয়ামের উপর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে জলীয় বাষ্প মিশ্রিত হাইড্রোজেনের 39.3 ঘন সেন্টিমিটার 13 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 761 মিলিমিটার চাপে সংগ্রহ করা গেল। অ্যালুমিনিয়ামের বিশুদ্ধতা শতকরা পরিমাণে প্রকাশ কর। (13 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = 11 মিলিমিটার)।

মনে করা যাউক প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে হাইড্রোজেনের আয়তন = V ঘন সেন্টিমিটার। বয়েল ও চার্লসের সূত্রানুসারে—

$$\frac{P \times V}{T} = \frac{P_1 \times V_1}{T_1}$$

$$\frac{(761-11) \times 39.3}{273+13} = \frac{760 \times V}{273+0}$$

$$V = \frac{750 \times 39.3 \times 273}{760 \times 286} \text{ ঘন সেন্টিমিটার}$$

$$= 37.02 \text{ ঘন সেন্টিমিটার।}$$

সংশ্লিষ্ট সমীকরণ হইল

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$$

$$2 \times 27 \qquad\qquad 3 \times 2$$

সমীকরণ হইতে জানা যায় যে 2 × 27 গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহার করিয়া 3 × 2 গ্রাম হাইড্রোজেন উদ্ভূত হয়। এক্ষণে 2 গ্রাম হইল হাইড্রোজেনের গ্রাম আণবিক ওজন এবং তাহার আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22.4 লিটার। সুতরাং 3 × 22.4 লিটার হাইড্রোজেন (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) 2 × 27 গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহার করিয়া পাওয়া যাইবে। অতএব 37.02 ঘন সেন্টিমিটার

হাইড্রোজেন (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) পাওয়া যায় $\frac{2 \times 27 \times 37.02}{3 \times 22.4 \times 1000}$ গ্রাম বা 0.0297 গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহার করিয়া। অতএব 0.0321 গ্রাম অশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামে 0.0297 গ্রাম বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম আছে। অতএব বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামে শতকরা $\frac{0.0297 \times 100}{0.0321}$ ভাগ বা **92.83 ভাগ** বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম ধাতু আছে।

উদাহরণ 5। 27 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও 750 মিলিমিটার চাপে 5 লিটার সলফার ডাই অক্সাইড পাইতে হইলে কি পরিমাণ কপারকে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিতে হইবে? যে পরিমাণ কপার উৎপন্ন দ্রবণে থাকিবে তাহাকে কপার সলফাইডের অধঃক্ষেপ হিসাবে পাইতে হইলে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কত আয়তন হাইড্রোজেন সলফাইড প্রয়োজন হইবে?

ধরা যাক প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে সলফার ডাই অক্সাইডের আয়তন হইবে V লিটার।

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে

$$\frac{P \times V}{T} = \frac{P_1 \times V_1}{T_1}$$

$$\frac{5 \times 750}{273 + 27} = \frac{V \times 760}{273 + 0}$$

$$V = \frac{5 \times 750 \times 273}{300 \times 760} \text{ লিটার}$$

$$= 4.49 \text{ লিটার।}$$

সংশ্লিষ্ট সমীকরণ হইল।

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

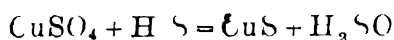
$$63.5 \qquad\qquad 64$$

সমীকরণ হইতে জানা যায় যে

64 গ্রাম সলফার ডাই অক্সাইড পাইতে হইলে 63.5 গ্রাম কপার প্রয়োজন হয়। এক্ষণে 64 গ্রাম সলফার ডাই অক্সাইড হইল এক গ্রাম অণু সলফার ডাই অক্সাইড। অতএব ইহার আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে হইল 22.4 লিটার। 22.4 লিটার (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) সলফার ডাই অক্সাইড পাইতে হইলে 63.5

গ্রাম কপার প্রয়োজন হয়। অতএব 4 49 লিটার (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) সলফার ডাই অক্সাইড পাইতে হইলে $\frac{63\ 5}{22\ 4} \times 4\ 49$ গ্রাম বা 12 728 গ্রাম কপার প্রয়োজন হইবে।

আবার কপার সলফাইডের অধঃক্ষেপ পাইতে নিম্নলিখিত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া ঘটাইতে হয়।

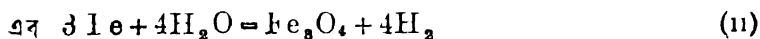
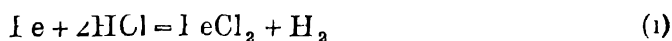
$$CuSO_4 + H_2S = CuS + H_2SO_4$$
$$63\ 5 \qquad 34$$

সমীকরণ হইতে জানা যায় যে 63 5 গ্রাম কপারকে কপার সলফাইড হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত করিতে 34 গ্রাম বা প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22 4 লিটার হাইড্রোজেন সলফাইড প্রয়োজন হইবে। (যেহেতু 34 গ্রাম হইল হাইড্রোজেন সলফাইডের গ্রাম আণবিক ওজন সেইহেতু তাহার আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22 4 লিটার)। অতএব 12 728 গ্রাম কপারকে কপার সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করিতে $\frac{12\ 728 \times 22\ 4}{63\ 5}$ লিটার বা 4 49 লিটার (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) হাইড্রোজেন সালফাইড প্রয়োজন হইবে।

উদাহরণ 6। 1000 লিটার আয়তনের একটি বেলুন 27° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও 750 মিলিমিটার চাপে হাইড্রোজেন পূর্তি করিতে হইলে **কম পক্ষে** কত পরিমাণ আয়রণ প্রয়োজন হইবে? [Fe = 56]

আমরা ব্যবহার করিবার হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিবার দুইটি উপায় আছে একটি সাধারণ উষ্ণতায় আয়রণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া অপরটি লোহিত তপ্ত আয়রণের উপর দিয়া স্টীম অতিক্রম করাইয়া।

দুইটি প্রক্রিয়ার সমীকরণ যথাক্রমে

$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2 \qquad (i)$$

এবং $$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2 \qquad (ii)$$

সমীকরণ (i) হইতে জানিতে পারা যায় যে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন পাইতে হইলে 56 গ্রাম আয়রণ ব্যবহার করা প্রয়োজন। সমীকরণ (ii) হইতে জানা যায় যে 4×2 গ্রাম হাইড্রোজেন পাইতে হইলে 3×56 গ্রাম আয়রণ প্রয়োজন অথবা 2 গ্রাম হাইড্রোজেন পাইতে হইলে $\frac{3}{4} \times 56$ গ্রাম আয়রণ প্রয়োজন। অতএব

সমীকরণ (11) অনুসারে বিক্রিয়া ঘটাইলে সর্বাপেক্ষা কম আয়রণ প্রয়োজন হইবে। ধরা যাউক যে 27 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও 750 মিলিমিটার চাপে 1000 লিটার হাইড্রোজেনের আয়তন হইবে V লিটার।

বয়ল ও চালসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে

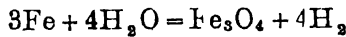
$$\frac{P \times V}{T} = \frac{P_1 \times V_1}{T_1}$$

$$\frac{750 \times 1000}{273 + 27} = \frac{760 \times V}{273 + 0}$$

$$\frac{750 \times 1000 \times 273}{760 \times 300} \text{ লিটার}$$

$$= 898 \text{ লিটার}$$

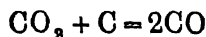
সংশ্লিষ্ট সমীকরণ হইল

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

$$3 \times 56 \qquad\qquad 4 \times 2$$

উপরের সমীকরণ হইতে জানা যায় যে 4 × 2 গ্রাম বা 4 × 22.4 লিটার (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) হাইড্রোজেন পাইতে হইলে 3 × 56 গ্রাম আয়রণ প্রয়োজন হয়। (যেহেতু 2 গ্রাম হাইড্রোজেন হইল হাইড্রোজেনের গ্রাম আণবিক ওজন এবং তাহার আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22.4 লিটার)। অতএব 898 লিটার হাইড্রোজেন (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) পাইতে হইলে কম পক্ষে $\frac{3 \times 56}{4 \times 22.4} \times 898$ গ্রাম বা 1683.75 গ্রাম আয়রণ প্রয়োজন হইবে।

আয়তন ও আয়তন সংক্রান্ত গণনা (Calculation involving volume and volume) গ্যাসীয় পদার্থের সহিত গ্যাসীয় পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় আয়তন সংক্রান্ত গণনা করিবার সময় সহজভাবে এবং সুবিধাজনকভাবে গণনা করিবার জন্য যে কোন গ্যাসের 1 গ্রাম অণুর আয়তনকে একক ধরিয়া গণনা করা হয়। গ্যাসের আয়তন ঘটিত গণনার বিষয় **গ্যাসমিতি (Eudiometry)** নামক অংশের অন্তর্গত। গ্যাসের আয়তন মাপিবার যন্ত্রকে **Eudiometer** বলে।

হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ গ্যাসের রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোক্লোরিক

$$CO_2 + C = 2CO$$

1 আয়তন 2 আয়তন

কার্বন ডাই অক্সাইডকে লোহিত তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে যে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহার আয়তন কার্বন ডাই অক্সাইডের আয়তনের দ্বিগুণ হয়। অতএব সমস্ত কার্বন ডাই অক্সাইড বিজারিত হইলে কার্বন মনোক্সাইডের আয়তন হইত 1000 ঘন সেন্টিমিটার। অতএব বুঝা যাইতেছে যে সমস্ত কার্বন ডাই অক্সাইড বিজারিত হয় নাই। ধরা যাউক যে x ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই অক্সাইড বিজারিত হইয়াছে। তাহা হইলে $2x$ ঘন সেন্টিমিটার কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হইয়াছে এবং $(500 - x)$ ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই অক্সাইড অবশিষ্ট পড়িয়া আছে।

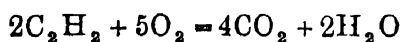
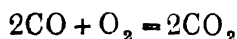
প্রশ্নানুসারে $(500 - x) + 2x = 700$

$x = 200$ ঘন সেন্টিমিটার।

অতএব যে গ্যাস বিক্রিয়ার পর সংগ্রহ করা হইয়াছে তাহাতে $(500 - 200)$ বা 300 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই অক্সাইড এবং 2×200 বা 400 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন মনোক্সাইড বর্তমান আছে।

উদাহরণ 3। একটি গ্যাস মাপিবার যন্ত্রে 40 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন মনোক্সাইড এবং অ্যাসিটিলিন গ্যাসের মিশ্রণ লওয়া হইল এবং তাহার সহিত 100 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন মিশাইয়া মিশ্রণে অগ্নি সংযোগ করা হইল। ঠাণ্ডা করার পর গ্যাসের মিশ্রণের আয়তন হইল 104 ঘন সেন্টিমিটার। উক্ত গ্যাসের মিশ্রণে কষ্টিক পটাসের ঘনদ্রবণ যোগ করার পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন হইল 48 ঘন সেন্টিমিটার। মিশ্রণে কার্বন মনোক্সাইড ও অ্যাসিটিলিনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। একই উষ্ণতায় ও চাপে সমস্ত গ্যাসের পরিমাপ করা হইয়াছে।

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

$$2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$$

সমীকরণদ্বয় হইতে জানা যায় যে

(i) 2 আয়তন কার্বন মনোক্সাইডের 1 আয়তন অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া হয় এবং 2 আয়তন কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং (ii) 2 আয়তন অ্যাসিটিলিনের

5 আয়তন অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া হয় এবং 4 আয়তন কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়। তরল জলের কোন আয়তন নাই।

ধরা যাউক মিশ্রণে x ঘন সেন্টিমিটার কার্বন মনোক্সাইড আছে। তাহার জন্য বিক্রিয়াতে লাগিবে $\frac{x}{2}$ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন এবং x ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হইবে।

আর $(40-x)$ ঘন সেন্টিমিটার অ্যাসিটিলেনের জন্য বিক্রিয়াতে লাগিবে $\frac{40-x}{2}\times 5$ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন এবং $2\times(40-x)$ ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হইবে।

বিক্রিয়ার পর অক্সিজেন পড়িয়া আছে 48 ঘন সেন্টিমিটার।

অক্সিজেনের আয়তন যাহা বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হইয়াছে $=(100-48)$ বা 52 ঘন সেন্টিমিটার। আর কার্বন ডাই অক্সাইড যাহা উৎপন্ন হইয়াছে $=(104-48)$ বা 56 ঘন সেন্টিমিটার।

$$\frac{x}{2}+\frac{40-x}{2}\times 5=52$$

বা $x+200-5x=104$

$$4x=96$$

$x=24$ ঘন সেন্টিমিটার

কার্বন মনোক্সাইডের শতকরা পরিমাণ $=\frac{24\times 100}{40}=60$

এবং অ্যাসিটিলিনের শতকরা পরিমাণ $=(100-60)$ বা 40।

দ্রষ্টব্য ঃ কার্বন ডাই অক্সাইডের আয়তন লইয়া গণনা করিলেও একই ফল পাওয়া যায় যথা —$x+2(40-x)=56$ বা $x=(80-56)$ অথবা 24 ঘন সেন্টিমিটার।

উদাহরণ 4 নিম্নে প্রদত্ত বিবরণ হইতে নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তনিক সংযুতি বাহির কর —

নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তন (যাহা গ্যাস পরিমাপক যন্ত্রে লওয়া হইল)	10 ঘন সেন্টিমিটার
হাইড্রোজেন গ্যাস যোগ করিয়া আয়তন	28 „ „
বিস্ফোরণের পর ঠাণ্ডা করিয়া আয়তন	18 „ „

অক্সিজেন গ্যাস যোগ করিয়া আয়তন 27 ঘন সেন্টিমিটার
দ্বিতীয় বার বিস্ফোরণের পর ঠাণ্ডা করিয়া আয়তন 15 " "
(সমস্ত গ্যাসের আয়তন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে মাপা হইয়াছে)।

দ্বিতীয় বার বিস্ফোরণের পর যে আয়তনের সংকোচন হইয়াছে তাহা মুক্ত হাইড্রোজেনের সহিত মুক্ত অক্সিজেনের বিক্রিয়া দ্বারা তরল জল উৎপন্ন হওয়ার ফলে। অতএব (27 – 15) বা 12 ঘন সেন্টিমিটার মোট আয়তনিক সংকোচনের ⅓ অংশ অথবা 4 ঘন সেন্টিমিটার হইল অক্সিজেন এবং ⅔ অংশ বা 8 ঘন সেন্টিমিটার হইল হাইড্রোজেন। এই 8 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন যে (28 – 10) বা 18 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন প্রথমে যোগ করা হইয়াছিল তাহা হইতে উদ্বৃত্ত পড়িয়াছিল। অতএব 10 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন নাইট্রাস অক্সাইডের অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় ব্যয়িত হইয়াছে। এক্ষণে 10 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন 5 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে ? এই 5 ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন 10 ঘন সেন্টিমিটার নাইট্রাস অক্সাইড হইতে আসে। অতএব নাইট্রাস অক্সাইডের যে-কোন আয়তনে তাহার অর্ধেক আয়তন অক্সিজেন থাকে। আবার প্রথম বিস্ফোরণের পর ঠাণ্ডা করিয়া যে 18 ঘন সেন্টিমিটার গ্যাস পড়িয়া থাকে তাহা নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ। তাহার ভিতর পূর্বে দেখান হইয়াছে যে 8 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন। অতএব বাকী 10 ঘন সেন্টিমিটার নাইট্রোজেন নাইট্রাস অক্সাইড হইতে পাওয়া যায়। সুতরাং 2 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে 2 আয়তন নাইট্রোজেন এবং 1 আয়তন অক্সিজেন আছে।

উদাহরণ 5 নাইট্রোজেন ও নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসের মিশ্রণের 25 ঘন সেন্টিমিটার লইয়া লোহিত তপ্ত কপারের উপর দিয়া অতিক্রম করানোর ফলে 20 ঘন সেন্টিমিটার গ্যাস পাওয়া গেল। গ্যাসের আয়তনগুলি প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে পরিমাপ করা হইয়াছে। গ্যাসের মিশ্রণের শতকরা সংযুতি স্থির কর।

ধরা যাউক, নাইট্রিক অক্সাইডের আয়তন $= x$ ঘন সেন্টিমিটার।

নাইট্রোজেনের আয়তন $= (25 - x)$ ঘন সেন্টিমিটার।

লোহিত তপ্ত কপারের উপর দিয়া অতিক্রম করানোর ফলে নাইট্রিক অক্সাইড হইতে নিম্নলিখিত সমীকরণ অনুসারে নাইট্রোজেন পাওয়া যাইবে। নাইট্রোজেনের কোন পরিবর্তন হইবে না। অতএব যে গ্যাস শেষে পাওয়া যাইবে তাহা কেবলমাত্র নাইট্রোজেন।

$$2Cu + 2NO = 2CuO + N_2$$

2 আয়তন 1 আয়তন

সমীকরণ অনুসারে 2 আয়তন নাইট্রিক অক্সাইড হইতে 1 আয়তন নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। অতএব x ঘন সেন্টিমিটার নাইট্রিক অক্সাইড হইতে $\frac{x}{2}$ ঘন সেন্টিমিটার নাইট্রোজেন পাওয়া যাইবে।

$$\frac{x}{2} + (25 - x) = 20$$

অথবা $\frac{x}{2} = 5$ $x = 10$ ঘন সেন্টিমিটার।

মিশ্রণে নাইট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ $= \frac{15}{25} \times 100$ বা 60 এবং নাইট্রিক অক্সাইডের শতকরা পরিমাণ $= \frac{10}{25} \times 100$ বা 40।

Questions

How much potassium chlorate will be required to generate as much oxygen as can burn all the hydrogen obtained by the action of dilute hydrochloric acid on 3 275 grams of zinc? (Zn = 65 5)

[*Ans* 2 04 gms]

১। ৩২৭৫ গ্রাম জিঙ্কের উপর পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে যে পরিমাণ হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে তাহাকে পোড়াইতে যে অক্সিজেন প্রয়োজন হয় তাহা পাইতে হইলে কি পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেট ব্যবহার করিতে হইবে? (Zn = ৬৫ ৫)

[উত্তর ২ ০৪ গ্রাম]

2 5 grams of manganese dioxide are heated with excess of concentrated hydrochloric acid Chlorine evolved is passed into potassium iodide solution Calculate the ammount of iodine liberated (Mn = 55; I = 127)

[*Ans* 14 6 grams]

২। ৫ গ্রাম ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইডের সহিত প্রয়োজনাতিরিক্ত ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হইল। উৎপন্ন ক্লোরিণকে পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করান হইল। কি পরিমাণ আয়োডিন উৎপন্ন হইবে তাহা নির্ণয় কর (Mn = ৫৫; I = ১২৭)।

[উত্তর ১৪ ৬ গ্রাম]

3 6 grams of a mixture of potassium chloride and potassium chlorate are heated till the weight becomes constant It is found that 4 045 grams of potassium chloride are left behind Calculate

the amount of potassium chloride present in the mixture (K = 39)

[*Ans* 1 011 grams]

৩। পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও পটাসিয়াম ক্লোরেটের একটি মিশ্রণের ৬ গ্রাম লইয়া উত্তপ্ত করার পর যখন ওজন স্থিরাঙ্কে আসিল তখন দেখা গেল যে ৪ ০৪৫ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড পড়িয়া আছে। উক্ত মিশ্রণে কি পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরাইড ছিল তাহা নির্ণয় কর (K = ৩৯)।

[উত্তর ১ ০১১ গ্রাম]

4 When a mixture of anhydrous sodium carbonate and sodium bicarbonate weighing 3 grams is heated a residue of 2 652 grams of solid is left behind Calculate the percentage amount of sodium carbonate in the mixture

[*Ans* 68 567]

৪। নিরুদক সোডিয়াম কার্বনেট এবং সোডিয়াম বাইকার্বনেটের একটি মিশ্রণের ৩ গ্রাম লইয়া উত্তপ্ত করার পর অবশিষ্ট কঠিনের ওজন স্থিরাঙ্কে আসিলে দেখা গেল যে ২ ৬৫২ গ্রাম কঠিন পড়িয়া আছে। মিশ্রণে সোডিয়াম কার্বনেটের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

[উত্তর ৬৮ ৫৬৭]

5 Oxygen is generated by heating 50 grams of potassium chlorate How much zinc will be required to genarate sufficient hydrogen to convert all the oxygen evolved into water ? (Zn = 64 4)

[*Ans* 94 64 grams]

৫। ৫০ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন উৎপাদন করা হইল। সেই অক্সিজেনকে জলে পরিবর্তিত করিতে যে পরিমাণ হাইড্রোজেন প্রয়োজন তাহা উৎপাদন করিতে কত জিঙ্ক প্রয়োজন হইবে ? (Zn = ৬৪ ৪)

[উত্তর ৯৪ ৬৪ গ্রাম]

6 How much ammonium nitrate will be required to generate 2 5 litres of nitrous oxide at 30 C and 741 mm pressure ?

[*Ans* 7 617 grams]

৬। ৩০ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৪১ মিলিমিটার চাপে ২ ৫ লিটার নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুত করিতে হইলে কি পরিমাণ অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট প্রয়োজন হইবে ?

[উত্তর ৭ ৬১৭ গ্রাম]

7 Hydrogen sulphide generated by the action of dilute sulphuric acid on a sample of ferrous sulphide is found to contain hydrogen to the extent of 9 per cent by volume What is the percentage amount of iron present in the sample of ferrous sulphide used (Fe = 56)

[*Ans* 5 92%]

৭। ফেরাস সালফাইডের একটি নমুনার উপর পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া যে হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হইল তাহাতে আয়তনিকভাবে শতকরা ৯ ভাগ

হাইড্রোজেন আছে দেখা গেল। ফেরাস সলফাইডের উক্ত নমুনায় শতকরা কত ভাগ আয়রণ ছিল তাহা নির্ণয় কর (Fe = ৫৬)। [উত্তর ৫২%]

8 0 2925 grams of common salt is dissolved in water and after filtering silver nitrate solution is added to it in sufficient amount The precipitate of silver chloride so produced is filtered and washed thoroughly The washed precipitate is next dried and weighed when its constant weight is found to be 0 7075 grams What is the percentage of sodium chloride in the sample of common salt used ? [*Ans* 98 63%]

৮। ০ ২৯২৫ গ্রাম বাজারের লবণ লইয়া জলে দ্রবীভূত করা হইল এবং পরিস্রাবণের পর উক্ত দ্রবণে উপযুক্ত পরিমাণ সিলভার নাইট্রেট যোগ করিয়া যে সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া গেল তাহাকে পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করিয়া ধৌত করা হইল। পরে শুষ্ক করিয়া ওজন লওয়া হইল এবং ওজন স্থিরাঙ্কে আসিলে দেখা গেল যে সিলভার ক্লোরাইডের ওজন হইল ০ ৭ ৭৫ গ্রাম। বাজারের লবণে প্রকৃত সোডিয়াম ক্লোরাইড শতকরা কি পরিমাণ ছিল ? [উত্তর ৯৮ ৬৩%]

9 What volume of oxygen evolved at 12 C and 780 mm pressure will be required to burn hydrogen evolved by the action of dilute sulphuric acid on 50 grams of zinc ? (Zn = 65 5) [*Ans* 8 696 litres]

৯। ৫০ গ্রাম জিঙ্কের উপর পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহা পোড়াইতে ১২ সেন্টিগ্রেড এবং ৭৮০ মিলিমিটার চাপে উৎপন্ন অক্সিজেনের কত আয়তন প্রয়োজন হইবে ? (Zn = ৬৫ ৫) [উত্তর ৮ ৬৯৬ লিটার]

10 How much zinc will be required to generate 1000 c c of *dry* hydrogen at 30 C and 754 mm pressure by the action of dilute sulphuric acid ? (Zn = 65 5 S = 16 O = 16 H = 1) [*Ans* 2 614 grams]

১০। ৩০ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫৪ মিলিমিটার চাপে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিয়া ১০ ০ ঘন সেন্টিমিটার শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপাদন করিতে কি পরিমাণ জিঙ্কের দরকার প্রয়োজন হইবে ? (Zn = ৬৫ ৫ S = ৩২ O = ১৬ H = ১)।

[উত্তর ২ ৬১৪ গ্রাম]

11 5 4 grams of water are made to react with (*a*) sodium (*b*) calcium hydride and (*c*) red hot iron in the form of steam Calculate the volume of hydrogen evolved at 27 C and 750 mm pressure in all the three cases [*Ans* (*a*) 3 74 litres (*b*) 7 48 litres (*c*) 7 48 litres]

১১। ৫ ৪ গ্রাম জলকে (ক) সোডিয়ামের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া (খ) ক্যালসিয়াম হাইড্রাইডের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া এবং (গ) লোহিত তপ্ত আয়রণের উপর ষ্টীমরূপে চালনা

করিয়া বিক্রিয়া ঘটাইয়া বিযোজিত করা হইল। উক্ত তিনটি ক্ষেত্রে ২৭ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন নির্ণয় কর।

[উত্তর (ক) ৩ ৭৪ লিটার (খ) ৭ ৪৮ লিটার (গ) ৭ ৪৮ লিটার]

13 In a litre of a cupric chloride solution there are 1 75 grams of cupric chloride present What volume of hydrogen sulphide at normal temperature and pressure will be required to precipitate all the Copper as cupric sulphide from 100 c c of this solution ? [Cu = 63 5 S = 32 Cl = 35 5) [*Ans* 29 14 c c]

১২। ১ লিটার কিউপ্রিক ক্লোরাইডের কোন দ্রবণে ১ ৭৫ গ্রাম কিউপ্রিক ক্লোরাইড আছে। এই দ্রবণের ১০০ ঘন সেন্টিমিটার হইতে কিউপ্রিক সলফাইড সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত করিতে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কত আয়তন হাইড্রোজেন সলফাইড প্রয়োজন হইবে? (Cu = ৬৩ ৫ S = ৩২ Cl = ৩৫ ৫) [উত্তর ২৯ ১৪ ঘন সেন্টিমিটার]

13 An aqueous solution of hydrochloric acid containing 0 35 gram molecule of the acid is added to calcium carbonate Calculate the (*a*) gram molecule and (*b*) the volume in litre at normal temperature and pressure of carbon dioxide evolved in the reaction (Ca = 40 C = 12 O = 16 Cl = 35 5 H = 1)

[*Ans* (*a*) 0 175 gram molecule (*b*) 3 92 litres]

১৩। ০ ৩৫ গ্রাম অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডঘটিত জলীয় দ্রবণ ক্যালসিয়াম কার্বনেটের উপর যোগ করা হইল। (ক) কত গ্রাম অণু এবং (খ) প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কত লিটার কার্বন ডাই অক্সাইড উদ্ভূত হইবে তাহা নির্ণয় কর (Ca = ৪০ C = ১২ O = ১৬ Cl = ৩৫ ৫ H = ১)। [উত্তর (ক) ০ ১৭৫ গ্রাম অণু (খ) ৩ ৯২ লিটার]

14 A gas mixture contains 50% Hydrogen 40% Methane and 10% Oxygen What volume more of Oxygen at normal temperature and pressure will be required to burn 200 c c of this gas mixture measured at 27 C and 750 mm pressure What weight of potassium chlorate is to be decomposed in order to get that oxygen ?
(K = 39 1 Cl = 35 5 O = 16) [*Ans* 170 6 c c 0 6227 grams]

১৪। একটি গ্যাসীয় মিশ্রণে ৫০% হাইড্রোজেন ২০% মিথেন (CH_4) এবং ১০% অক্সিজেন আছে। এই গ্যাসীয় মিশ্রণের ২৭ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে ২০০ ঘন সেন্টিমিটার পরিমাণ লইয়া সম্পূর্ণরূপে পোড়াইতে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে আর কত আয়তনিক পরিমাণ অক্সিজেন প্রয়োজন হইবে? উক্ত পরিমাণ অক্সিজেন পাইতে হইলে কি পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেটের বিয়োজন ঘটাইতে হইবে তাহা নির্ণয় কর। (K = ৩৯ ১ Cl = ৩৫ ৫ O = ১৬)। [উত্তর ১৭০ ৬ ঘন সেন্টিমিটার ০ ৬২২৭ গ্রাম]

15 A gaseous mixture contains 20% methene and, 80% of carbon monoxide by volume Calculate the weight of potassium chlorate that will be required to generate sufficient oxygen to burn completely 1520 c c of this gas mixture at 27 C and 750 mm pressure (K = 39 Cl = 35 5 O = 16) [*Ans* 3 982 gram]

১৫। কোনও একটি গ্যাসীয় মিশ্রণে আয়তনিকভাবে শতকরা ২০ ভাগ মিথেন ও ৮০ ভাগ কার্বন মনোক্সাইড আছে। উক্ত মিশ্রণের ২৭ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে ১৫২০ ঘন সেন্টিমিটার লইয়া তাহাকে সম্পূর্ণরূপে পোড়াইতে যে অক্সিজেন প্রয়োজন তাহা পাইতে হইলে কি পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেট ব্যবহার করিতে হইবে তাহা নির্ণয় কর (K = ৩৯ Cl = ৩৫ ৫ O = ১৬) [উত্তর ৩ ৯৮২ গ্রাম]

16 A commercial sample of potassium chlorate contains some potassium chloride 1 555 grams of this sample of potassium chlorate on heating yield as much oxygen as can competely burn 152 c c of C H measured at 27 C and 750 mm pressure Calculate the percentage of potassium chlorate in the sample K = 39 Cl = 35 5 O = 16) [*Ans* 80 04%]

১৬। বাজারের পটাসিয়াম ক্লোরেটের সহিত কিছু পরিমাণে পটাসিয়াম ক্লোরাইড মিশিয়া আছে। সেই পটাসিয়াম ক্লোরেটের ১ ৫৫৫ গ্রাম বিয়োজিত করিয়া যে অক্সিজেন পাওয়া গেল তাহা ২৭ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে ১৫২ ঘন সেন্টিমিটার অ্যাসিটিলিন (C_2H_2) গ্যাসকে সম্পূর্ণরূপে পোড়াইল। মিশ্রণে পটাসিয়াম ক্লোরেট কত ভাগ ছিল নির্ণয় কর (K = ৩৯ Cl = ৩৫ ৫ O = ১৬)। [উত্তর ৮০ ০৪%]

17 15 c c of a mixture of hydrogen carbon monoxide and methane required 15 c c of oxygen for complete combustion and carbon dioxide produced by burning is 10 c c Calculate the proportion of each gas in the mixture (all the gases are measured at the same temperature and pressure)

[*Ans* H_2—5 c c CO—5 c c CH_4—5 c c]

১৭। ১৫ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন কার্বন মনোক্সাইড এবং মিথেনের একটি মিশ্রণকে পোড়াইতে ১৫ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন প্রয়োজন হইল এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই অক্সাইডের পরিমাণ হইল ১০ ঘন সেন্টিমিটার। উৎপাদকগুলি মিশ্রণে কি অনুপাতে ছিল তাহা নির্ণয় কর (গ্যাসগুলি একই উষ্ণতায় ও চাপে পরিমাপ করা হইয়াছে)।

[উত্তর H_2—৫ ঘন সেন্টিমিটার CO—৫ ঘন সেন্টিমিটার CH_4—৫ ঘন সেন্টিমিটার]

18 20 c c of a gaseous hydrocarbon was mixed with excess of oxygen and the mixture exploded On cooling the immediate contraction was found to be 30 c c Another diminution in volume of 40 c c

was observed by treating the residual gas with solid KOH What is the formula for the hydrocarbon? (All the volumes are measured under the same conditions of temperature and pressure)

Ans It can be proved that immediate contraction on explosion =volume of hydrocarbon taken

+the volume of oxy en used up in combinin with carbon and hydrogen of the hydrocarbon – the volume of carbon dioxide produced

Here immediate contraction = 30 c c and volume of carbon dioxide produced = 40 c c beca ıse solid caustic potash absorbs only carbon dioxide

Therefore 30 = 20 + volume of oxygen used – 40

Oxygen used up for oxidation
= (30 + 40 – 20) c c
= 50 c c

Now the volume of oxygen useo in the production of carbon dioxide is the same as the volume of carbon dioxide produced since carbon dioxide contains its own volume of oxygen

Thus 40 c c of oxygen l s bee use l u to p o luce 40 c c of carbon dioxide The remaining (50 – 40) or 10 c c of oxygen has gone to combine with the hydro en of hydrocarbon Now we know that one volume of oxygen combines with two volumes of hydro en to produce water Hence 10 c c of oxygen combine with 20 c c of hydrogen And these 20 c c of hydrogen have come from 20 c c of the hydrocarbon Hence 1 volume of the hydrocarbon contains 1 volume of hydrogen Let *n* be the number of molecules in 1 volume of the hydro en Hence according to Avogadro s hypothesis *n* molecules of hydrocarbon contain *n* molecules of hydrogen

1 molecule of the hydrocarbon contains 1 molecule of hydrogen

But hydrogen molecule is diatomic (deduction from Avogadro s hypothesis)

1 molecule of hydrogen contains two atoms of hydrogen

the formula for the hydrocarbon is C_xH_2 whe x is an integer

To determine x —

20 c c of the hydrocarbon on combustion give rise to 40 c c of carbon dioxide

Therefore 1 volume of hydrocarbon produces 2 volumes of carbon dioxide on combustion

Let each volume of the gas contain *n* molecules

n molecules of tho hydrocarbon give rise to $2n$ molecules of carbon dioxide on combustion

1 molecule of hydrocarbon produces 2 molecules of carbon dioxide on combustion

Now each molecule of carbon dioxide contains one atom of carbon
Therefore two moleculss of carbon dioxide contain two atoms of carbon And these two atoms of carbon must have come from 1 molecule of the hydrocarbon

$x=2$ and the formula for the hydrocarbon is C H

১৮। একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন ২০ ঘন সেন্টিমিটার লইয়া তাহার সহিত অধিক পরিমাণে অক্সিজেন মিশাইয়া বিস্ফোরিত করা হইল। গ্যাসের মিশ্রণটি ঠাণ্ডা হইলে দেখা গেল যে তাহার আয়তন ৩০ ঘন সেন্টিমিটার কমিয়া গিয়াছে। কষ্টিক পটাসের দ্বারা শোষণের ফলে আয়তন আরও ৪০ ঘন সেন্টিমিটার কমিয়া গেল। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত কি হইবে (আয়তনগুলি একই উষ্ণতায় ও চাপে পরিমাপ করা হইয়াছে।)

উত্তর —ইহা প্রমাণ করা যায় যে বিস্ফোরণের অব্যবহিত পরে সঙ্কোচনের পরিমাণ = হাইড্রোকার্বনের আয়তন + কার্বন ও হাইড্রোজেনের জারণের জন্য ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন − উৎপন্ন কার্বন ডাই অক্সাইডের আয়তন।

এখানে বিস্ফোরণের অব্যবহিত পরের সঙ্কোচন = ৩০ ঘন সেন্টিমিটার

এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই অক্সাইডের আয়তন = ৪ ঘন সেন্টিমিটার কারণ কষ্টিক পটাস দ্বারা কেবল মাত্র কার্বন ডাই অক্সাইড শোষিত হয়।

অতএব ৩০ = ২০ + কার্বন এবং হাইড্রোজেনের জারণে জন্য ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন − ৪

অতএব। ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = (৩০ + ৪০ − ২) ঘন সেন্টিমিটার
= ৫০ ঘন সেন্টিমিটার

এক্ষণে কার্বন ডাই অক্সাইডের আয়তন তাহার উৎপাদনে যে অক্সিজেন ব্যবহৃত হইয়াছে তাহার আয়তনের সমান।

অতএব ৪ ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই অক্সাইডের উৎপাদন সম্পন্ন করিতে ৪০ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন ব্যয়িত হইয়াছে। বাকী (৫০—৪০) অথবা ১০ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনকে জারিত করিতে ব্যয়িত হইয়াছে। আমরা জানি যে এক আয়তন অক্সিজেন দুই আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া জল উৎপাদন করে। অতএব ১০ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন ২০ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনের সহিত

সংযুক্ত হইযাছে। এই ২০ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন ২০ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোকার্বন হইতে আসিযাছে।

অতএব ১ আয়তন হাইড্রোকার্বনে ১ আয়তন হাইড্রোজেন আছে। ধরা যাউক যে ১ আযতন হাইড্রোকার্বনে তাহাব n অণু বিদ্যমান আছে।

অতএব অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে n অণু হাইড্রোকার্বনে n অণু হাইড্রো জন আছে।

১ অণু হাইড্রোকার্বনে ১ অণু হাইড্রোজেন আছে। কিন্তু হাইড্রোজেন অণু দ্বিপরমাণুক (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পেব অনুসিদ্ধান্ত)

১ অণু হাইড্রোকার্বনে ২ পরমাণু হাইড্রোজেন আছে।

হাইড্রোকার্বনেব অণুর স কেত হইবে $C_x H_2$ এবং x একটি পূর্ণসংখ্যা।

x বাহির কবিবাব প্রণালী —

২০ ঘন সেন্টিমিটাব হাইড্রোকার্বন হইতে ৪০ ঘন সেন্টিমিটাব কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হইতেছে।

অতএব ১ আযতন হাইড্রোকাবন ২ আযতন কার্বন ডাই অক্সাইড দেয।

ধরা যাউক যে প্রতি আযতন গ্যাসে উক্ত গ্যাসেব n অণু বিদ্যমান।

n অণু হাইড্রোকার্বন হইতে ২n অণু কার্বন ডাই অক্সাইড পাওযা যায।

১ অণু হাইড্রোকার্বন হইতে ২ অণু কার্বন ডাই অক্সাইড পাওযা যায।

এক্ষণে কার্বন ডাই অক্সাইডের প্রতি অণুতে ১ পরমাণু কার্বন বিদ্যমান।

২ অণু কার্বন ডাই অক্সাইডে ২ পরমাণু কার্বন আছে এব এই দুই পরমাণু কার্বন ১ অণু হাইড্রোকার্বন হইতে আসিযাছে।

x = ২ এবং হাইড্রোকার্বনের সংকেত হইল C_2H_2।

19 10 c c of gaseous hydrocarbon is mixed with 25 c c of oxygen and exploded by passing electric sparks After cooling a contraction of 15 c c is noticed After treatment with solid KOH a further contraction of 10 c c is found to take place and a little oxygen is left over If the density of the hydrocarbon be 8 find the molecular formula of the hydrocarbon (the volumes are all measured under the same conditions of temperature and pressure) [*Ans* CH_4]

১৯। কোনও গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের ১০ ঘন সেন্টিমিটার লইযা তাহার সহিত ২৫ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন মিশ্রিত করা হইল। মিশ্রণটিতে বিদ্যুৎক্ষরণ করিয়া বিস্ফোরণ সংঘটিত করার পর ঠাণ্ডা হইলে দেখা গেল যে মিশ্রণটি ১৫ ঘন সেন্টিমিটার পরিমাণ সংকুচিত হইয়াছে। পরে কষ্টিক পটাস যোগ করিলে আরও ১০ ঘন সেন্টিমিটার সংকোচন ঘটে এবং কিছু

অক্সিজেন অবশিষ্ট পড়িয়া থাকে। হাইড্রোকার্বনটির বাষ্পীয় ঘনত্ব ৮ হইলে উহার আণবিক সংকেত কি হইবে ? (আয়তনগুলির একই উষ্ণতায় ও চাপে পরিমাপ করা হইয়াছে।)

[উত্তর CH_4]

20 20 c c of a gaseous hydrocarbon is mixed with 250 c c air and the mixture exploded by electric sparks On cooling the contraction is found to be 40 c c When treated with caustic potash a further contraction of 20 c c is noticed What is the molecular formula of the hydrocarbon ? (The volumes are all measured under the same conditions of temperature and pressure) [*Ans* CH_4]

২০। কোনও গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের ২০ ঘন সেন্টিমিটার লইয়া তাহার সহিত ২৫০ ঘন সেন্টিমিটার বায়ু মিশ্রিত করা হইল। এই মিশ্রণে বিদ্যুৎক্ষরণ দ্বারা বিস্ফোরণ ঘটাইয়া ঠাণ্ডা করিলে দেখা গেল যে মিশ্রণের ৪০ ঘন সেন্টিমিটার সংকোচন সংঘটিত হইয়াছে। পরে কষ্টিক পটাস (KOH) যোগ করিয়া আরও ২০ ঘন সেন্টিমিটার সংকোচন হইল। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত কি ? (আয়তনগুলি একই উষ্ণতায় ও চাপে পরিমাপ করা হইয়াছে।) [উত্তর CH_4]

21 A mixture of methane carbon monoxide and nitrogen is taken Calculate the volumetric composition of the mixture from the following data —

Volume of the mixture	= 60 c c
Volume of oxygen added	= 42 c c
Volume after explosion (with cooling)	= 96 c c
Volume after cooling	= 66 c c
Volume after treatment with KOH	= 39 c c

(All the volumes are measured under the same conditions of temperature and pressure)

[*Ans* CH_4—15 c c CO—12 c c N_2—33 c c]

২১। মিথেন কার্বন মনোক্সাইড এবং নাইট্রোজেনের একটি মিশ্রণ লওয়া হইল। নিম্নলিখিত আয়তনিক বিবরণ হইতে গ্যাস মিশ্রণে প্রত্যেকটি উৎপাদনের পরিমাণ নির্ণয় কর

মিশ্রণের আয়তন	= ৬০ ঘন সেন্টিমিটার
অক্সিজেনে যাহা যোগ করা হইল	= ৪২
বিস্ফোরণ ঘটানর পর (ঠাণ্ডা না করিয়া) অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন	= ৯৬
ঠাণ্ডা করিবার পর আয়তন	= ৬৬
কষ্টিক পটাস যোগ করিবার পর আয়তন	= ৩৯

(সমস্ত আয়তনগুলি একই উষ্ণতায় ও চাপে স্থিরীকৃত হইয়াছে।)

(উত্তর মিথেন—১৫ ঘন সেন্টিমিটার
কার্বন মনোক্সাইড—১২ ,,
নাইট্রোজেন —৩৩

22 Oxygen obtained by heat ng 12 25 gms of potassium chlorate is passed over 5 00 ms of pure dry and heated carbon A part of the carbon burns to carbon dioxide What is the volume of this CO_2 formed at 27 C and 75 cm ard what is the wei ht of residual carbon ? [K = 39 Cl = 35 5 O = 16]

[Higher Secondary West Ben al 1963]

২২। ১২২৫ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করিয়া যে অক্সিজেন পাওয় গেল তাহ ৫ গ্রাম বিশুদ্ধ শুষ্ক এব উত্তপ্ত কার্বনের উপর দি। চালিত করা হইল। কার্বনের কিছুটা পুড়িয়া কাবন ডাই অক্সাইড হইল। এইভাবে পন্ন কার্বন ডাই অক্সাইডের ২৭ সন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫ সেন্টিমিটার চাপে কত আ য়তন হইবে এব অবশিষ্ট কার্বনের ওজন কত হইবে ?

23 What volume of sulphuretted hydrogen measured at 27 C and 750 mm would precipitate the copper in a solution of 2 gms of $CuSO_4$ in water ? How much ferrous sulphide would give the requisite quantity of sulphuretted hydrogen ?

[Atomic wt of Cu = 63 5 Atomic wt of Fe = 56]

[Higher Secondary West Bengal 1964]

২ ২ গ্রাম $CuSO_4$ এর দ্রবণ হইতে কপারকে অধ ক্ষিপ্ত করিতে ২৭ সেন্টিগ্রেড উষ্ণত এব ৭৫০ মিলিমি চাপ ব য়চাপে কত আ তন সলফিউরেটেড হাইড্রোজেন প্রয়োজন হইবে ? কি পরিমাণ ফেরাস সলফাইড হইতে উক্ত পরিমাণ সলফিউরেটেড হাইড্রোজেন পাও া যাইবে ?

[কপারের পারমাণবিক ওজন = ৬৩ ৫
আয়রনের = ৫৬]

———

পঞ্চবিংশ অধ্যায়

ক্লোরিণ ও ইহার যৌগ

(Chlorine and its Compounds)

(ক) সোডিয়াম ক্লোরাইড

(Sodium Chloride)

সোডিয়াম ক্লোরাইড হইল সাধারণ লবণ এবং খাদ্য লবণ (Table Salt) হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়। খাদ্যের ইহা একটি অপরিহার্য উপাদান।

সাধারণ লবণ বা সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। সমুদ্রজলে তৌলিক হিসাবে প্রায় শতকরা 2.9 ভাগ সোডিয়াম ক্লোরাইড আছে। ইহা ছাড়া লবণের খনি হইতেও প্রচুর সোডিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়। আমাদের দেশে যে সৈন্ধব লবণ ব্যবহৃত হয় তাহা খনি হইতে প্রাপ্ত লবণ। ইংলণ্ডে জার্মাণীতে অষ্ট্রিয়ায় ও পোল্যাণ্ডে বিশাল লবণের খনি আছে। অনেক স্থলে লবণ হ্রদের অংশবিশেষ বিশুষ্ক হইয়া লবণের স্তূপের সৃষ্টি করিয়াছে। গ্যালিসিয়ায় এইরূপে উৎপন্ন বিশাল লবণ স্তূপ (1200 ফিট পুরু এবং 10000 বর্গমাইল দীর্ঘ) দেখিতে পাওয়া যায়।

ভারতবর্ষে খাদ্য লবণের অধিকাংশই সমুদ্র জল হইতে তৈয়ারী করা হয়। তবে কিছু খনিজ লবণও খেওড়া ও কলাবাগের লবণখনি হইতে আসে।

খাদ্যলবণ প্রস্তুতি —(ক) সমুদ্র জল হইতে সাধারণত দুই উপায়ে সমুদ্রজল হইতে জল অপসারণ করিয়া লবণ সংগ্রহ করা হয়। গ্রীষ্মপ্রধান দেশে সূর্যতাপে জলকে বাষ্পীভূত করিয়া অপসারণ করিলে লবণের দ্রবণ গাঢ় হয় এবং ক্রমশ লবণ কেলাসিত হইয়া থাকে আর শীতপ্রধান দেশে অতি শৈত্যে জল বরফে পরিণত করিয়া অপসারিত করিলে লবণের গাঢ় দ্রবণ পাওয়া যায় এবং তাহা হইতে সহজেই লবণ কেলাসিত হইয়া থাকে। গ্রীষ্মপ্রধান দেশে সমুদ্রের ধারে অগভীর বৃহৎ পুকুর (Salterns বা meadows) কাটিয়া সমুদ্র জলে উহা ভর্তি করা হয়। সূর্যকিরণের উত্তাপে এবং সমুদ্রের বায়ুপ্রবাহে উহার জল বাষ্পীভূত হইয়া উপিয়া যায় এবং দ্রবণটি যখন যথেষ্ট পরিমাণ গাঢ় হয় তখন উহা হইতে সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত হয়, উক্ত সোডিয়াম ক্লোরাইড সংগ্রহ

করিয়া খাদ্য-লবণ হিসাবে ব্যবহার করা হয়। খাদ্য লবণ সংগ্রহ করার পরে যে শেষদ্রব (mothor liquor) পড়িয়া থাকে তাহাকে "বিটার্ণ" (Bittern) বলে এব উহা হইতে ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমিন প্রভৃতি নিষ্কাশন করা হয়।

শীতপ্রধান দেশে সূর্যতাপের প্রাচুর্য ও তীব্রতা অনেক কম সেই কারণে সমুদ্রজল সূর্যতাপে গাঢ করা সুকঠিন। এইজন্য শীতপ্রধান দেশসমূহে বিশেষত হিমমণ্ডলের নিকটস্থ দেশসকলে শৈত্যপ্রয়োগে সমুদ্রজলকে আ শিকভাবে ববফে পরিবর্তিত করিয়া পৃথক করা য য়। ইহাতে সমুদ্রজল হইতে লবণের গাঢ দ্রবণ উৎপন্ন হয়। পরে বৃহৎ কটাহে গাঢ দ্রবণ লইয়া উত্তাপপ্রয়োগে উহাকে আরও ঘনীভূত করা হয়। এইভাবে স পৃক্ত দ্রবণে সমুদ্রজল পরিবর্তিত হইলে উহাকে শীতল করিলে খাদ্য লবণ কেলাসিত হইতে আরম্ভ হয় এব তখন উহা স,গ্রহ করা হয়।

জার্মাণীতে উচ্চ স্থানে মাচা বাঁধিয়া তাহাতে গাছের ডালপালা সাজান হয়। তাহার পর পাম্প (pump) দ্বারা সমুদ্রজল সেই মাচার উপব ফোয়ারার আকারে ঢালা হয়। সেখানে যথেষ্ট বায়ুপ্রবাহ থাকার ফলে জল বাষ্পাকারে উপিয়া যায় এব গাছের পাতার উপর লবণ কেলাসিত হয়। সেই কেলাসিত লবণ পাতা হইতে স গ্রহ করা হয়।

(খ) **খনি হইতে** অনেক স্থলে খনি হইতে লবণের চাপ (block) কাটিয়া উত্তোলন করা হয়। আবাব অনেক খনিতে গভীর গর্ত খনন করিয়া পাম্পের (pump) সাহায্যে জল ঢালিয়া দেওয়া হয়। লব। জলে দ্রবীভূত হয় এব লবণের গাঢ দ্রবণ উৎপন্ন হয। এই গাঢ লবণের দ্রবণকে পাম্প দিয়া উপরে তুলিয়া আনিয়া কড়াই এ (pan) বাষ্পীভূত করিয়া জল তাড়াইলে লবণ কেলাসিত হয়। অনেক কারখানায় কম চাপে (under reduced pressure) লবণের দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিয়া জল তাড়ান হয়।

বাজারের সাধারণ লবণের অশুদ্ধি সাধারণ লবণে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2$) ম্যাগনেসিয়াম সলফেট ($MgSO_4$), ক্যালসিয়াম সলফেট ($CaSO_4$) এব সোডিয়াম সলফেট (Na_2SO_4) প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে। ইহাদের মধ্যে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড থাকার ফলে বাজারের সোডিয়াম ক্লোরাইড উদ্‌গ্রাহী (deliquescent) হয়। বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড উদগ্রাহী নহে।

বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডের প্রস্তুতি (ক) বিশুদ্ধ ধাতব সোডিয়াম বিশুদ্ধ ক্লোরিণ গ্যাসে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়

$$2Na + Cl = 2NaCl$$

(খ) বাজারের লবণ হইতে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করিতে হইলে প্রথমে জলে লবণের স পৃক্ত (saturated) দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। তাহার পর উক্ত দ্রবণ পরিস্রাবণ করিয়া পরিস্রুতের ভিতর দিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস অতিক্রম করান হয়। তখন বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডের সাদা স্ফটিক অধ ক্ষিপ্ত হয়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতি অশুদ্ধি দ্রবণে থাকিয়া যায়। অধ ক্ষিপ্ত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করিয়া ফিল্টার কাগজের উপরিস্থিত অবশেষকে (residue) বিশুদ্ধ গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়া ধৌত করা হয়। তাহার পর সোডিয়াম ক্লোরাইডকে প্লাটিনামখর্পরে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

সোডিয়াম ক্লোরাইডের ধর্ম বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড স্বচ্ছ বর্ণহীন স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ। ইহা 815 সেন্টিগ্রেডে গলে। ইহা জলে দ্রবণীয়। 15 সেন্টিগ্রেডে 100 গ্রাম জলে 35.8 গ্রাম লবণ দ্রবীভূত হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে দ্রবণের দ্রাব্যতা অতি সামান্যই বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় ("রসায়নের গোড়ার কথা" প্রথম ভাগ চতুর্থ স স্করণ পৃ 127 চিত্র ন 29 দেখ)। সাধারণ খাদ্য লবণ বাতাসে রাখিয়া দিলে উহা বায়ু হইতে জল আকর্ষণ করিয়া গলিয়া যায়। কিন্তু বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড উদগ্রাহী নহে। সাধারণ খাদ্য লবণে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড অশুদ্ধি থাকে বলিয়া উহা জল আকর্ষণ করে।

সোডিয়াম ক্লোরাইডে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এব উত্তাপদ্বারা নিম্নলিখিত সমীকরণ অনুসারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পুরাপুরিভাবে সোডিয়াম ক্লোরাইডের বিয়োজন হইতে উৎপন্ন হয়

$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$

সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট যোগ করিলে বিপরিবর্ত ক্রিয়া (double decomposition) দ্বারা সিলভার ক্লোরাইডের সাদা অধ ক্ষেপ এব দ্রবণে সোডিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয়।

$$NaCl + AgNO_3 = NaNO_3 + AgCl$$

সোডিয়াম ক্লোরাইডের ব্যবহার (১) খাদ্য লবণ হিসাবেই ইহা প্রধানত ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহা খাদ্যে আস্বাদ (flavour) প্রদান করে এবং খাদ্য হজম করিতে সাহায্য করে। ইহা রক্তের উপাদান হিসাবে জীবদেহে দেখিতে পাওয়া যায়। (২) ইহা নানাপ্রকার শিল্পে ব্যবহৃত হয়। মাটি পোড়াইয়া যে পাইপ (pipe) তৈয়ারী হয় তাহার উজ্জ্বলতা (glaze) সম্পাদন করিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়। (৩) শীতপ্রধান দেশের রাস্তায় জমা বরফ গলাইতে ইহা ব্যবহৃত হয় লবণ বরফের উপর ছিটাইয়া দিলে বরফের হিমাঙ্ক কমিয়া যায় এবং উহা 0 সেন্টিগ্রেডের নিম্ন উষ্ণতায় গলিয়া যায়। (৪) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কষ্টিক সোডা ধাতব সোডিয়াম সোডিয়াম কার্বনেট সোডিয়াম সলফেট ক্লোরিণ প্রভৃতি প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্য প্রস্তুত করিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড অনেকাংশে ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা হাইড্রোজেন-ক্লোরাইড

(Hydrochloric Acid or Hydrogen Chloride)

সংকেত **HCl** আণবিক ওজন **36 5** বাষ্পায় ঘনাঙ্ক **18 25**

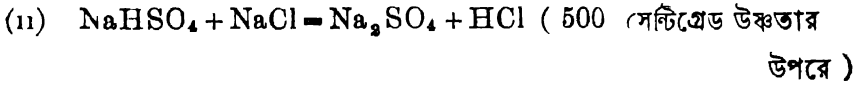
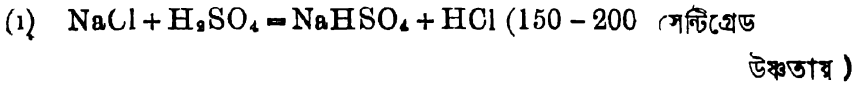
হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া একটিমাত্র যৌগ পদার্থ উৎপাদন করে। স্বাভাবিক উষ্ণতায় এই যৌগটি একটি গ্যাসরূপে পাওয়া যায়। গ্যাসীয় অবস্থায় ইহাকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস বলে। ইহা অম্ল জাতীয় এবং জলে অতিশয় দ্রাব্য। জলের দ্রবণকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বলে

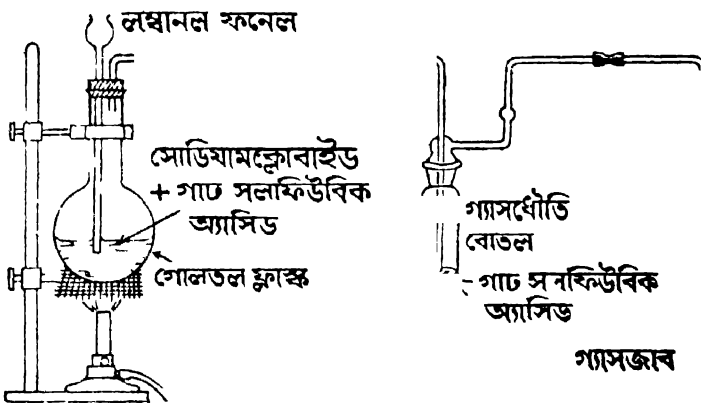
অবস্থান আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাত সময়ে উদ্ভূত গ্যাসে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড সময় সময় দেখা যায়। আন্ত্রিক (Gastric) রসে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড শতকরা 0 2—0 4 ভাগ বর্তমান দেখিতে পাওয়া যায়। কুকুরের আন্ত্রিক রসে শতকরা ৩ ভাগ পর্যন্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দেখিতে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি সাধারণ লবণের সহিত ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধোঁয়া উৎপন্ন হয়। মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস সমগ্রভাবে নির্গত হয়। সামান্য উত্তাপে এই বিক্রিয়ায় সোডিয়াম বাই সলফেট এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন

হয়। উচ্চ তাপে (500 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার উপর) সোডিয়াম সলফেট উৎপন্ন হয় ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস সম্পূর্ণরূপে উদ্ভূত হয়।

(i) $NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$ (150 – 200 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায়)

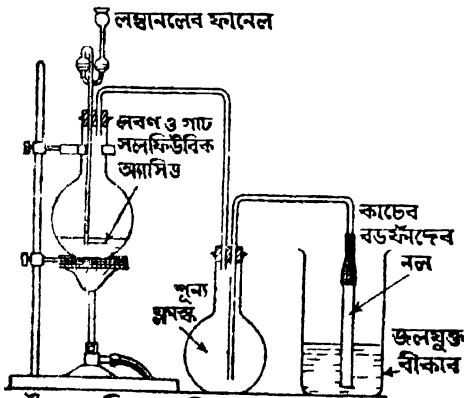
(ii) $NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$ (500 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার উপরে)

পরীক্ষাগারে যে তাপ প্রয়োগ করা হয় তাহাতে বিক্রিয়া (i) অনুসারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উদ্ভূত হয়।

পরীক্ষাগার পদ্ধতি ফ্লাস্কে একটি দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গমনল ফ্লাস্কের মুখে লাগানো কর্কের ভিতর দিয়া লাগান হয়। ফ্লাস্কে কিছু সাধারণ লবণ লওয়া হয়। দীর্ঘনল ফানেলের মধ্য দিয়া লবণের উপর গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড এরূপভাবে ঢালা হয় যাহাতে ফানেলের শেষ প্রান্ত অ্যাসিডে ডুবিয়া থাকে। অ্যাসিড যোগ করা মাত্র হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের সাদা ধোঁয়া নির্গমনল দ্বারা বাহির হইয়া আসে। ফ্লাস্কটিকে এই অবস্থায় তারজালির উপর রাখিয়া বুনসেন দীপ দ্বারা অল্পতাপে উত্তপ্ত করা হয়। বর্ণহীন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস নির্গমনল দিয়া বাহির হইয়া থাকে। বাহিরের আর্দ্র

চিত্র নং 35

বায়ুর সংস্পর্শে আসিয়া ইহা সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন করে। যেহেতু গ্যাসটি জলে অত্যধিক দ্রবণীয়, তাই জল অপসারণ দ্বারা এই গ্যাসটি সংগ্রহ করা যায় না।

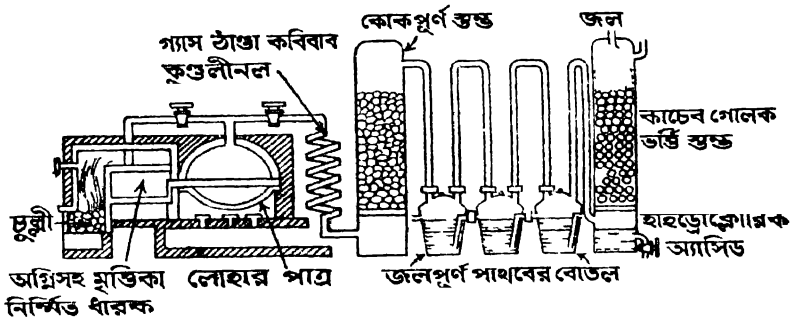
গ্যাসটি বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া গ্যাসজারে বায়ুর উর্ধ্ব অপভ্রংশ দ্বারা ইহা সংগ্রহ করা হয়। গ্যাসজার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস দ্বারা ভর্তি হইল কিনা দেখিবার জন্য একটি কাচদণ্ড অ্যামোনিয়ায় ডুবাইয়া গ্যাসজারের মুখে ধরা হয়। যখন ঘন সাদা ধোঁয়া দেখা যাইবে তখন বুঝিতে হইবে যে গ্যাসজার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস দ্বারা ভর্তি হইয়াছে। শুষ্ক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস সংগ্রহ করিতে হইলে উদ্ভূত গ্যাসকে গ্যাস ধৌত করিবার বোতলে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসি বাহিয়া উক্ত অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চালনা করা হয় এবং তাহার পর হয় পারদের অপভ্রংশ দ্বারা অথবা বায়ুর উর্ধ্ব অপসারণ দ্বারা শুষ্ক গ্যাসজারে ভর্তি করা হয়। শুষ্ক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস সংগ্রহ করিবার পদ্ধতি ছবিতে দেখানো হইয়াছে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের জলীয় দ্রবণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং জলে উক্ত গ্যাসের দ্রবণকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বলে। বাজারে দ্রবণটিই কিনিতে পাওয়া যায়। পরীক্ষাগারে গ্যাসের দ্রবণ তৈয়ারী করিতে নিম্নলিখিত পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়।

উপরে লিখিত উপায়ে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস প্রস্তুত করিয়া প্রথমে একটি খালি বোতল বা ফ্লাস্কের মধ্য দিয়া লওয়া হয়। সেইজন্য দ্বিতীয় ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগাইয়া নির্গমনলটিকে কর্কের ভিতর দিয়া সামান্যমাত্র প্রবেশ করান হয়। উক্ত কর্কের ভিতর দুই বার সমকোণে বাঁকানো একটি নল এরূপভাবে লাগানো হয় যে তাহার শেষপ্রান্ত ফ্লাস্কের তলদেশে পৌঁছায়। নলটির অন্য প্রান্তে রবারের নলের টুকরা লাগাইয়া তাহার অপর প্রান্তে একটি কাচের বড় ফাঁদের নল লাগানো হয় এবং উহাকে বীকারস্থিত জলের ভিতর ডুবাইয়া দেওয়া হয়। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে অত্যধিক দ্রাব্য। যে পরিমাণ গ্যাস কোনও সময়ের ভিতর উৎপন্ন হয়, তাহা অপেক্ষা সেই সময়ের ভিতর বেশী পরিমাণ গ্যাস

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ প্রস্তুত প্রণালী
চিত্র নং ৫৬

জলে দ্রবীভূত হইয়া থাকে। তাহাতে যন্ত্রে গ্যাসের চাপ হ্রাসপ্রাপ্ত হয় এব তখন নল দিয়া জল উঠিয়া ফ্লাস্কের ভিতর প্রবেশ করিতে পারে। গরম গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডে জল লাগিলে ফ্লাস্ক বিস্ফোরণ সহকারে ফাটিয়া যায়। সেই কারণে বড় ফাঁদের নল বা উল্টানো ফানেলের ভিতর দিয়া গ্যাসটিকে জলের ভিতর প্রবেশ করান হয়। তাহাতে জল নলেব ভিতব সামান্য দূর পর্যন্ত উঠিলেও ফ্লাস্কের ভিতর যাইবার পূর্বে উদ্ভূত গ্যাসের চাপে আবাব নামিয়া যায়। অধিক সতর্কতা অবলম্বন করিয়া মধ্যস্থলে খালি ফ্লাস্কটি রাখা হয়। তাহাতে জল যদি নল দিয়া উঠিয়াও আসে তাহা খালি ফ্লাস্কে জমা হয় গরম গাঢ় সলফিউবিক অ্যাসিডযুক্ত ফ্লাস্কে যাইতে পারে না। এই ব্যবস্থাকে **Anti Suction device** বলে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন (1) পরীক্ষাগারে রাসায়নিক প্রণালী প্রয়োগ করিয়াই সাধারণ লবণ হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন সম্পন্ন করা হয়। সোডিয়াম কার্বনেটের পণ্য উৎপাদন সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে লেব্লাঙ্ক (Leblanc) পদ্ধতিতে নিষ্পন্ন করিবার সময় প্রথম ধাপে সোডিয়াম ক্লোরাইডকে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড দিয়া চুল্লীর উত্তাপে উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়াটি দুই পর্যায়ে নিষ্পন্ন করা হয়। প্রথম পর্যায়ে চুল্লী হইতে দূরে অবস্থিত ঢালাই লোহার কড়াই এ (Cast iron pan) সাধারণ

চিত্র ন 37

লবণ ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ লইয়া উত্তপ্ত গ্যাস দ্বারা প্রায় 200 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় গরম করা হয়। দ্বিতীয় পর্যায়ে উক্ত মিশ্রণকে ঠেলিয়া চুল্লীর নিকট অবস্থিত অগ্নিসহ মৃত্তিকা (fire clay) দ্বারা নির্মিত চতুষ্কোণাকৃতি বাক্সে ফেলা হয় এবং আরও সাধারণ লবণ মিশ্রিত করিয়া চুল্লীর আগুনে 600°

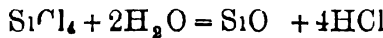
সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। দুইটি পাত্রের উপর পাথরের ঢাকনি দেওয়া থাকে এব উদ্ভূত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস নির্গমের জন্য পাথরের নির্গমনল লাগানো থাকে। প্রথম পর্যায়ে $NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$ এই সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া ঘটে। দ্বিতীয় পর্যায়ে $NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$ এই সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া হয়। দুইটি স্থান হইতে নির্গত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসকে একটি কুণ্ডলী নলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করানো হয়। তাহাতে উদ্ভূত গ্যাস শীতল হয়। তাহার পর শীতল গ্যাসকে একটি স্তম্ভে কোক পূর্ণ (tower filled with coke) করিয়া সেই কোকের ভিতর দিয়া অতিক্রম করানো হয়। এই প্রক্রিয়ায় গ্যাস হইতে ভাসমান ধূলিকণা ও অন্যান্য কঠিন পদার্থ অপসারিত হয় এব গ্যাসটি পরিস্রুত হয়। তৎপরে বড় বড় পাথরের (Stone ware) বোতলের মধ্য দিয়া গ্যাসকে চালনা করা হয়। বোতলগুলি উল্‌ফ (Woulf) বোতলের মত এব তাহাদের অর্ধেকটা জলপূর্ণ করিয়া লওয়া হয়। এই জল শেষের বোতল হইতে সাইফন (siphon) ক্রিয়ার দ্বারা সামনের বোতলের দিকে আপনা হইতেই প্রবাহিত হয় এব হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস দীর্ঘ নল দিয়া সামনের বোতল হইতে ক্রমশ শেষের বোতলে যায়। জলের এব গ্যাসের এই বিপরীতমুখী প্রবাহ (counter current) প্রত্যেক বোতলের মধ্যে মিলিত হয় এব তাহাতে উপযুক্ত পরিমাণ গ্যাস জলে দ্রবীভূত হয় এব হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। যাহাতে যথেষ্ট পরিমাণ গ্যাস জলে দ্রবীভূত হইতে পারে তাহার জন্য বোতলগুলিকে শীতল জলে ডুবাইয়া ঠাণ্ডা করা হয়। তাহা না হইলে গ্যাসটি জলে দ্রবীভূত হইবার সময় যে তাপ উদ্ভূত হয় তাহাতে জলে দ্রবীভূত গ্যাসের পরিমাণ অনেক কমিয়া যাইবে। সর্বশেষ বোতল হইতে যে গ্যাস বাহির হয় তাহা একটি কাচের গোলক ভর্তি স্তম্ভে (tower filled with glass balls) প্রবেশ করিতে দেওয়া হয় এব সেই সঙ্গে এই স্তম্ভের উপর হইতে ঠাণ্ডা জলের প্রবাহ চালনা করা হয়। যে গ্যাস বোতলের জলে শোষিত না হইয়া বাহির হইয়া আসে তাহা এই স্তম্ভের জলের প্রবাহে দ্রবীভূত হয় এব স্তম্ভের নীচে অবস্থিত আধারে পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ হিসাবে পাওয়া যায়।

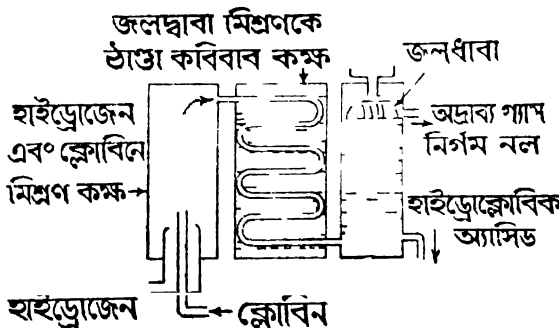
এই দ্রবণই বাজারে পণ্য হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (commercial Hydrochloric acid) হিসাবে বিক্রয় করা হয়। এই অ্যাসিড মোটেই বিশুদ্ধ নয়।

এই অ্যাসিডে সলফিউরিক অ্যাসিড সলফার ডাই অক্সাইড আর্সেনিক ক্লোরাইড, ফেরিক ক্লোরাইড প্রভৃতি অশুদ্ধি মিশিয়া থাকে। ফেরিক ক্লোরাইড মিশ্রিত থাকার জন্য বাজারের পণ্য হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বর্ণ হলদে হয়।

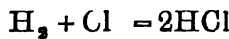
বাজারের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ষ্ট্যানস ক্লোরাইড যোগ করিয়া ফুটাইলে আর্সেনিকের বাদামী অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। তখন তরল হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণকে থিতাইয়া আস্রাবণ দ্বারা আর্সেনিকমুক্ত করা হয় পরে বেরিয়াম ক্লোরাইড যোগ করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিডকে বেরিয়াম সলফেটের অধঃক্ষেপ হিসাবে অপসারিত করা হয় পরিস্রুত অ্যাসিডকে তামার ছিবড়াসহ ফুটাইলে উদ্বায়ী ফেরিক ক্লোরাইড অনুদ্বায়ী ফেরাস ক্লোরাইডে পরিবর্তিত হয়। তখন পাতনক্রিয়া দ্বারা আংশিকভাবে বিশুদ্ধ (partially pure) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাইতে হইলে বিশুদ্ধ লবণ ও বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হয়। তখনও অ্যাসিডের ভিতর অতি সামান্য হাইড্রোজেন সলফাইড অশুদ্ধিরূপে থাকে।

অতিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পাইতে হইলে সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড ও জলের বিক্রিয়া ঘটান হয়

$$SiCl_4 + 2H_2O = SiO_2 + 4HCl$$

উদ্ভূত হাইড্রোজেন ক্লোরাইডকে শুষ্ক মারকারীর (mercury পারদ) উপর দিয়া অতিক্রম করাইয়া ক্লোরিণমুক্ত করা হয়।

চিত্র নং 38

বর্তমানে সাংশ্লেষিক পদ্ধতি দ্বারা বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের পণ্য

উৎপাদন সংঘটিত হইতেছে। যেখানে সস্তায় তড়িৎ সরবরাহ সম্ভব সেইখানে সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপাদন করা হয় এবং ক্লোরিণ গ্যাস ও হাইড্রোজেন গ্যাস উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। এই ক্লোরিণ ও হাইড্রোজেন সম আয়তনে একটি সিলিকা দ্বারা নির্মিত উর্ধ্বমুখী নলের ভিতর চালনা করিয়া পোড়ানো হয়। তাহার ফলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

এই উৎপন্ন গ্যাসকে জলে অবস্থিত কুণ্ডলী নলের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া শীতল করা হয় এবং শোষক স্তম্ভে জলের ধারায় দ্রবীভূত করা হয়। পরে প্রয়োজনানুসারে পাতন দ্বারা ঘন করিয়া বাজারে পাঠানো হয়। এই অ্যাসিড খুব বিশুদ্ধ।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধর্ম (i) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি বর্ণহীন শ্বাসরোধী ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস। (ii) এই গ্যাসটির গঠন স্থায়ী (stable)। (iii) গ্যাসটি বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং (iv) জলে অতিমাত্রায় দ্রবণীয়। 15 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এক ঘন সেন্টিমিটার জলে 458 ঘন সেন্টিমিটার গ্যাস দ্রবীভূত হয়। অ্যামোনিয়ার মত "ফোয়ারা পরীক্ষা" দ্বারা ইহার দ্রাব্যতা ও অ্যাসিড ধর্ম (acid character) সহজেই দেখানো যাইতে পারে। এই পুস্তকের ৩৫ পৃ বর্ণিতমত একটি ফ্লাস্কে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস ভর্তি করা হয় এবং তাহার মুখে লাগানো কাচনলে যে রবারের নল লাগানো থাকে তাহা পিন্‌চ কক (pinch cock) দ্বারা বন্ধ করা হয়। নিম্নের বীকারে নীল লিটমাসের দ্রবণ লওয়া হয় এবং ফ্লাস্কটি উল্টাইয়া বন্ধ রবারের নলের মুখটি উক্ত দ্রবণে ডুবাইয়া দেওয়া হয়। পরে পিন্‌চ কক্ খুলিয়া দিয়া ফ্লাস্কের মাথায় ঈথার (ether) ঢালিয়া ঠাণ্ডা করিলে নীল লিটমাসের দ্রবণ ফোয়ারা আকারে ফ্লাস্কের মধ্যে উঠে এবং নীল লিটমাসের দ্রবণ লাল হয়। (v) সিক্ত বাতাসের সংস্পর্শে আসিলে ইহা ধূমায়িত অবস্থায় আসে। ইহার কারণ এই যে জলীয় বাষ্পের সহিত ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অতি ছোট ছোট ফোঁটা উৎপন্ন করে এবং তাহার ফলে ধোঁয়ার উৎপত্তি হয়। (vi) 15 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সংপৃক্ত দ্রবণে মোট ওজনের শতকরা 43 ভাগ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড থাকে এবং তাহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 1.231 হয়। বাজারে যে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কিনিতে

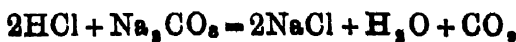
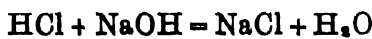
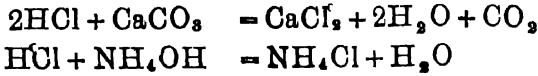
পাওয়া যায় তাহাতে সমগ্র ওজনের শতকরা 39 ভাগ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড থাকে এব তাহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 1 20 হয়। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের গাঢ় দ্রবণকে পাতিত করিতে প্রথমে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসীয় অবস্থায় উড়িয়া যায় এবং দ্রবণটি পাতলা হইয়া যায়। আবার পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে পাতিত করিলে প্রথমে জল বাষ্পীভূত হইয়া উড়িয়া যায় এব দ্রবণটি গাঢ় হয়। উভয় ক্ষেত্রেই 760 মিলিমিটার পারদের চাপে উষ্ণতা 110 সেন্টিগ্রেডে পৌঁছিলে মোট ওজনের শতকরা 20 24 ভাগ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডযুক্ত দ্রবণ সমগ্রভাবে পাতিত হয়। সেই কারণে সাধারণ চাপে পাতনক্রিয়াব সাহায্য দ্রবণ হইতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস সম্পূর্ণভাবে তাড়ানো যায় না এব 20 24% দ্রবণের অপেক্ষা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় না। এই দ্রবণকে নিত্য স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণ (Constant boiling mixture) বলে। ইহা যে মিশ্রণ মাত্র এব হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও জলের যৌগ নয় তাহা চাপ পরিবর্তনের সহিত ইহার স্ফুটনাঙ্কের পবিবর্তন এব ইহাব স যুতিব পরিবর্তন হইতে প্রমাণিত হইয়াছে। (vii) গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ক্লোবাইড সহজে তবল হয় তরলের স্ফুটনাঙ্ক—85 সেন্টিগ্রেড। ইহাকে তরল বায়ুতে নিমজ্জিত নলেব ভিতর দিয়া অতিক্রম কবাইলে ইহা সাদা কেলাসিত কঠিনে পরিবর্তিত হয়। সেই কঠিনেব গলনাঙ্ক হইল—111 4 সেন্টিগ্রেড। (viii) ইহা নিজে দাহ্য নহে এব দহনের সহায়কও নহে। একটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইডপূর্ণ গ্যাসজারে একখণ্ড জলন্ত মোমবাতি প্রবেশ করাইলে বাতি নিভিয়া যায় এবং গ্যাসও জলে না (ix) ইহা অম্লজাতীয় যৌগ এব ইহার জলীয় দ্রবণ (হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড) তীব্রভাবে আম্লিক। উহা নীল লিটমাসকে লাল করে। ইহা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ বিশ্লিষ্ট (dissociated) হইয়া H – আয়ন এব Cl – আয়ন দেয়। $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$। ইহা এক ক্ষারীয় (monobasic) অ্যাসিড। অ্যাসিডের ধর্মানুসারে ইহা সমস্ত ক্ষারজাতীয় বস্তুব সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া করে এব বিভিন্ন ধাতুব ক্লোরাইড লবণ উৎপন্ন করে।

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$

$$2HCl + CaO = CaCl_2 + H_2O$$

$$2HCl + Ba(OH)_2 = BaCl_2 + 2H_2O$$

$$2HCl + Na_2CO_3 = 2NaCl + H_2O + CO_2$$

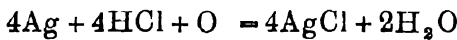
$$2HCl + CaCO_3 = CaCl_2 + 2H_2O + CO_2$$
$$HCl + NH_4OH = NH_4Cl + H_2O$$

(x) অ্যামোনিয়া গ্যাসের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস বা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ঘন সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন করে। সাদা ধোঁয়া পরে কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে পরিবর্তিত হয়। দুইটি গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়ার ফলে কঠিন পদার্থ উৎপাদিত হওয়ার ইহা একটি দৃষ্টান্ত। $NH_3 + HCl = NH_4Cl$

(xi) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সোডিয়াম পটাসিয়াম জিঙ্ক ম্যাগনেসিয়াম আয়রণ অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুকে দ্রবীভূত করে এবং হাইড্রোজেন গ্যাস ও ধাতব ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2 \qquad Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$
$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 \qquad Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$

অনেক ধাতু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়া দ্বারা অনার্দ্র ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। উত্তপ্ত অ্যালুমিনিয়ামের উপর দিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অতিক্রম করাইলে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হইয়া ঊর্ধ্বপাতিত হয়।

সিলভার গোল্ড, প্লাটিনাম ও মারকারী প্রভৃতি বর ধাতুর (noble metals) উপর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণের বা গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের কোন ক্রিয়া নাই কিন্তু অক্সিজেন ও অ্যাসিড একত্রিত হইয়া ক্রিয়া করিলে সিলভার হইতে সিলভার ক্লোরাইড (জলে অদ্রাব্য) উৎপন্ন হয়।

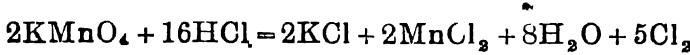
$$4Ag + 4HCl + O_2 = 4AgCl + 2H_2O$$

কপার ও লেড গাঢ় ও উত্তপ্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং কিউপ্রাস ক্লোরাইড ও লেড ক্লোরাইড ($PbCl_2$) উৎপন্ন হয়। কিউপ্রাস ক্লোরাইড গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রাব্য এবং লেড ক্লোরাইড গরম জলে দ্রাব্য কিন্তু ঠাণ্ডা করিলেই সাদা অধঃক্ষেপ হিসাবে পাওয়া যায়। তাই গাঢ় ও উষ্ণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে উক্ত ধাতুদ্বয় দ্রবীভূত হয় বলিয়া উল্লেখ করা হয়।

(xii) ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড এবং লেড ডাই অক্সাইডের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে উহা জারিত হইয়া ক্লোরিণ উৎপন্ন হয়।

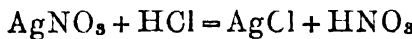
$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$
$$PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

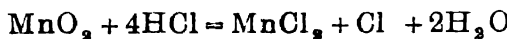
উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস চালনা করিলে ক্লোরিণ গ্যাস উৎপন্ন হয়।

কিন্তু পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের কেলাসের উপর ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলেই সাধারণ উষ্ণতায় উহা জারিত হয় এব ক্লোরিণ গ্যাসের প্রবাহ উৎপন্ন হয়।

$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ব্যবহার পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে ইহা যথেষ্ট পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ঔষধ হিসাবেও ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে তখন খুব পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলের দ্রবণ পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত মিশাইয়া ব্যবহৃত হয়। ক্লোরিণ ও ধাতব ক্লোরাইড উৎপাদনে রঞ্জন শিল্পে র প্রস্তুতে এব লোহার উপর টিন অথবা জিঙ্কের প্রলেপ দিবার সময় লোহার গায়ের মরিচা অপসারিত করিতে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে।

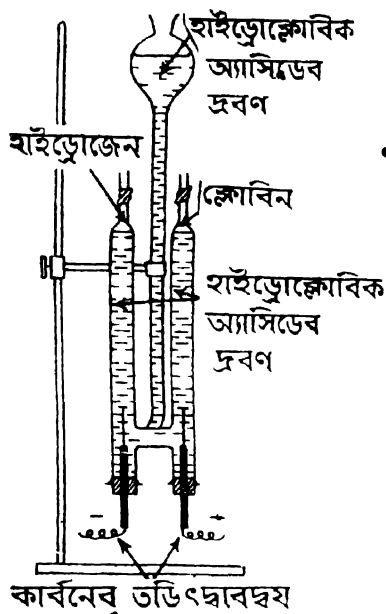
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অভীক্ষণ (1) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস হিসাবে থাকিলে একটি কাচদণ্ড অ্যামোনিয়ার দ্রবণে ডুবাইয়া গ্যাসজারস্থিত হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ভিতর ধরিলে ঘন সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়। (2) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ যোগ করিলে সিলভার ক্লোরাইডের সাদা থকথকে অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। এই অধঃক্ষেপ গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য কিন্তু অ্যামোনিয়ার পাতলা দ্রবণে সহজেই দ্রাব্য।

$$AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3$$

(3) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে সবুজ আভাবিশিষ্ট হলুদ র এর ক্লোরিণ গ্যাস উদ্ভূত হয়। ক্লোরিণ গ্যাসকে তাহার র এব গন্ধ দ্বারা সহজেই চেনা যায়।

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl \;\; + 2H_2O$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি দুই প্রকার পদ্ধতি দ্বারা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনিক স যুতি নির্ধারিত হইয়াছে।

(1) **বৈশ্লেষিক** (Analytical) **পদ্ধতি** এব (2) **সাংশ্লেষিক** (Synthetic) **পদ্ধতি**।

(1) **বৈশ্লেষিক পদ্ধতি** হাইড্রোজেন ক্লোরাইড লইয়া দুই প্রকার পরীক্ষা দ্বারা চরমভাবে ইহার আয়তনিক স যুতি নির্ণীত হইয়াছে। (ক) হফম্যান

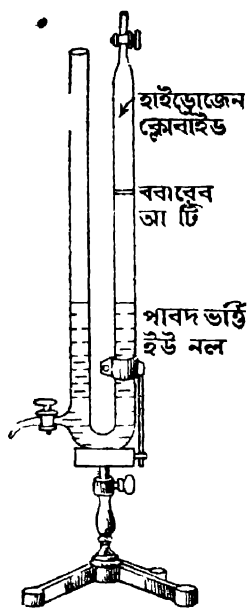
(Hofmann) তাঁহার নামীয় যন্ত্রে (Hofmann s Apparatus) গাঢ় হাইড্রো ক্লোরিক অ্যাসিড লইয়া তাহার তড়িৎ বিশ্লেষণ স ঘটিত করিয়া দেখাইয়াছেন যে, ধনাত্মক তড়িৎ দ্বারে (anode) ক্লোরিণ গ্যাস এব ঋণাত্মক তড়িৎ দ্বারে (cathode) হাইড্রোজেন গ্যাস সম আয়তনে উদ্ভূত হয়। (পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎ বিশ্লেষণে ধনাত্মক তড়িৎ দ্বারে অক্সিজেন এব ঋণাত্মক তড়িৎ দ্বারে হাইড্রোজেন উদ্ভূত হয়।)

চিত্র ন 39

যন্ত্র এব পরীক্ষার বর্ণনা হফম্যানের যন্ত্রে (পার্শ্বের ছবিতে প্রদর্শিত) তিনটি পরস্পর স যুক্ত কাচের বাহু (limbs) থাকে। উহার দুই পার্শ্বের দুইটি বাহু সমান এব অ শাঙ্কিত। এই দুইটি বাহুরই উপরের প্রান্ত ষ্টপ কক দিয়া বন্ধ করা এব নিচের খোলা মুখ রবারের ছিপি দিয়া বন্ধ করিয়া ছিপির ভিতর দিয়া দুইটি বাহুতে দুইটি কার্বনের তড়িৎ দ্বার প্রবেশ করানো থাকে। উৎপন্ন ক্লোরিণ দ্বারা প্লাটিনাম বা অন্য ধাতুর তড়িৎ দ্বার আক্রান্ত হয় বলিয়া কার্বনের তড়িৎদ্বার ব্যবহার করা হয়। মধ্যস্থিত বাহুর উপরে একটি বাল্ব (bulb) থাকে। সেই বালবের ভিতর দিয়া মধ্যের বাহুতে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ ঢালিলে উহা পার্শ্বের দুইটি বাহুতে সঞ্চিত হয়। এইভাবে পার্শ্বের বাহু দুইটির ষ্টপ কক খুলিয়া রাখিয়া বাহু দুইটি অ্যাসিডে ভরিয়া লইয়া ষ্টপ কক বন্ধ করা হয়। অতিরিক্ত অ্যাসিড যথেষ্ট পরিমাণে মধ্যের বাহুতে থাকে। এইভাবে অ্যাসিড ভর্তি করা হইলে কার্বনের তড়িৎ দ্বার দুইটি ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করিয়া অ্যাসিডের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করা হয়। ইহাতে অ্যাসিড বিশ্লেষিত হয় এব যেখানে তড়িৎকোষের ঋণাত্মক মেরু স যুক্ত করা থাকে সেই বাহুতে হাইড্রোজেন গ্যাস সঞ্চিত হয় আর যেখানে উক্ত কোষের ধনাত্মক মেরু স যুক্ত করা থাকে সেই বাহুতে ক্লোরিণ উৎপন্ন হয়, কিন্তু সেখানে কোন গ্যাস প্রথমে সঞ্চিত হইতে দেখা যায় না কারণ উৎপন্ন ক্লোরিণ হাইড্রো-

ক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। কিছুক্ষণ তড়িৎপ্রবাহ চালনা করার পর দ্রবণ ক্লোরিণ দ্বারা সংপৃক্ত হয় এবং তখন ধনাত্মক মেরু সংযুক্ত বাহুতে ক্লোরিণ গ্যাস জমা হইতে থাকে। তখন দুই বাহুরই ষ্টপ কক খুলিয়া দিয়া গ্যাস বাহির করিয়া দেওয়া হয় এবং দ্রবণ ভর্তি অবস্থায় ষ্টপ কক দুইটি পুনরায় একসঙ্গে বন্ধ করা হয়। তড়িৎপ্রবাহ পূর্ববৎ চলিতেই থাকে। তখন ঋণাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত বাহুতে হাইড্রোজেন এবং ধনাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত বাহুতে ক্লোরিণ সঞ্চিত হইতে থাকে। এই গ্যাস দুইটি যে যথাক্রমে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ তাহা বিভিন্ন যথাযথ পরীক্ষা দ্বারা দেখানো যায়। গ্যাস দুইটির আয়তন মাপিলে দেখা যায় যে তাহাদের আয়তন সমান। অতএব এই পরীক্ষা হইতে সিদ্ধান্ত করা যায় যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড **সমায়তন** হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের সংযোগে গঠিত।

উপরের পরীক্ষা হইতে আমরা কেবল হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিণের আয়তনিক অনুপাত জানিতে পারি। কিন্তু কত আয়তনের অ্যাসিডে উক্ত আয়তনের হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ থাকে তাহা জানা যায় না। সেইজন্য আরও একটি পরীক্ষা প্রয়োজন। সেই পরীক্ষাটি নিম্নলিখিত উপায়ে নিষ্পন্ন করা হয়।

(খ) **সোডিয়াম মারকারী সংকর** (Sodium amalgam) **পদ্ধতি** এই পরীক্ষার জন্য একটি U আকৃতির কাচনল ব্যবহার করা হয়। কাচনলের একটি বাহুর উপরের প্রান্ত ষ্টপ কক দ্বারা বন্ধ করা থাকে অপর বাহুর নীচের দিকে বাঁকের কাছে একটি ষ্টপ ককযুক্ত কাচের নির্গমনল লাগানো থাকে। প্রথমে U নলটি সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক মারকারী (পারদ) দ্বারা ভর্তি করা হয়। উপরের প্রান্তে যে ষ্টপ কক আছে তাহা খুলিয়া শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতের যন্ত্রের নির্গমনলের সহিত যুক্ত করা হয় এবং বাঁকের মুখের নির্গমনলের ষ্টপ কক খুলিয়া দেওয়া হয়। এইভাবে মারকারীর অপসারণ দ্বারা ষ্টপ কক দ্বারা আবদ্ধ বাহুতে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ভর্তি করা হয়। তাহার পর উক্ত বাহুর উপরে অবস্থিত ষ্টপ কক বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় এবং খোলা মুখের বাহু হইতে নীচের ষ্টপ কক খুলিয়া মারকারী বাহির করিয়া দিয়া দুই বাহুর মারকারী একই তলে আনা হয়। তখন যে আয়তনের হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ব্যবহার করা হয় তাহার চাপ বহিঃস্থ বায়ুর চাপের সমান হয়। তখন গ্যাসের আয়তনকে একটি রবারের আংটি দিয়া সমান দুই ভাগে ভাগ করা হয়। তাহার পর

খোলা মুখের নলে সোডিয়াম মারকারী স কর (Sodium amalgam) ও মারকারী ঢালিয়া নলটি সম্পূর্ণ ভর্তি করা হয়। খোলা নলের মুখ রবারের ছিপি দিয়া বন্ধ করিয়া নলকে কাত করিয়া সোডিয়াম মারকারী স কর ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড স স্পর্শে আনা হয়। ক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে সমস্ত বাকী গ্যাসকে বন্ধ নলে লওয়া হয়। তাহার পর দুই বাহুতে মারকারী একই তলে আনা হয়। তখন অবশিষ্ট গ্যাসের চাপ বহিস্থ বায়ুর চাপের সমান হয়। পরীক্ষার আগে এবং পরে উষ্ণতা একই থাকে। এই অবস্থায় অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের অর্ধেক হয় কারণ মারকারী রবারের আংটির সহিত একই সমতলে আসে। অবশিষ্ট গ্যাস যে হাইড্রোজেন তাহা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায় যেহেতু গ্যাসটি প্রায় অদৃশ্য শিখাতে জ্বলে এবং পুড়িয়া কেবলমাত্র জল উৎপাদন করে। আরও ইহা প্যালাডিয়াম ধাতু দ্বারা শোষিত হয়। এই পরীক্ষা হইতে সিদ্ধান্ত করা যায় যে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে 1 আয়তন হাইড্রোজেন থাকে।

চিত্র নং 40

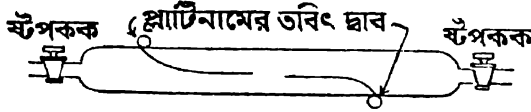
(i) উপরের পরীক্ষা হইতে জানা যায় যে দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে এক আয়তন হাইড্রোজেন আছে। (ii) হফম্যানের পরীক্ষা হইতে দেখা যায় যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সমায়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ থাকে।

সুতরাং দুইটি পরীক্ষার ফল একত্র করিলে দাড়ায়—দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে এক আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন ক্লোরিণ থাকে।

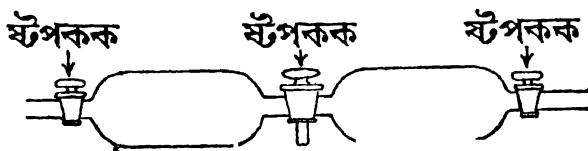
(2) **সাংশ্লেষিক পদ্ধতি** এই পদ্ধতিতে দেখানো হয় যে, এক আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন ক্লোরিণ গ্যাসের মিশ্রণে তড়িৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা অথবা সূর্যালোক দ্বারা বিক্রিয়া ঘটাইলে বিস্ফোরণ ঘটে এবং পূর্বের উষ্ণতায় শীতল হইলে দেখা যায় যে দুই আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

যন্ত্র এবং পরীক্ষার বর্ণনা দুই দিকে ষ্টপ ককযুক্ত একটি বড় ফাঁদের শক্ত কাচের নল লওয়া হয়। এই নলে তড়িৎ দ্বারের কাজ করিবার জন্য দুইটি প্লাটিনামের তার কাচ গলাইয়া লাগানো থাকে। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের

তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা উৎপন্ন সমায়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের মিশ্রণকে গলিত

চিত্র ন 41

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের (fused calcium chloride) ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া শুষ্ক করা হয় এব এই শুষ্ক মিশ্রণটি অন্ধকারে কাচ নলের দুই দিকের ষ্টপ-কক খুলিয়া দিয়া সম্পূর্ণরূপে বায়ু অপসারণ দ্বারা নলের ভিতর স গ্রহ করা হয়। তাহার পর ষ্টপ কক দুইটি বন্ধ করিয়া দিয়া নলের ভিতরের প্লাটিনাম তার দুইটি আবেশ কুণ্ডলীর (induction coil) সহিত যোগ করা হয়। পরে আবেশকুণ্ডলী চালাইয়া মিশ্রণের ভিতর তড়িৎস্ফুলিঙ্গ উৎপাদন কবা হয়। তখন বিস্ফোরণ সহকারে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিণ মিলিত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। মিশ্রণের ফিকে হলুদ র চলিয়া যায় এব বর্ণহীন গ্যাস কাচ নলেব ভিতর থাকে। নলকে শীতল হইতে দেওয়া হয়। এক্ষণে কাচ নলটিকে উর্ধ্বমুখী করিয়া একটি পাত্রে মারকারী বাখিয়া তাহার ভিতর নীচের মুখ ডুবাইয়া সেখানকার ষ্টপ ককটি খুলিয়া দেওয়া হয়। তখন দেখা যায় যে নল হইতে কোন গ্যাস বাহিব হইয়া আসে না বা নলের ভিতর কোন মাবকারী ঢোকে না। অতএব রাসায়নিক ক্রিয়াব ফলে আয়তনেব কোন পবিবর্তন হয় নাই। পরে মারকারীর উপর পাত্রে জল ঢালিয়া নলের মুখ জলের ভিতর আনা হয়। তখন গ্যাস জলে দ্রবীভূত হওয়ার ফলে জল নলের ভিতর প্রবেশ করিয়া সমস্ত নলকে ভর্তি করে। সুতরা হাই ড্রোজেন ও ক্লো রণ সম্পূর্ণরূপে মিলিত হইয়াছে কারণ জলে অদ্রাব্য হাইড্রোজেন গ্যাস একটুও অবশিষ্ট থাকিলে সমস্ত নলটি জল ভর্তি হইত না। পরীক্ষা দ্বারা দেখা যায় যে এই জলের দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে এব সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণের সহিত সাদা থকথকে অধ ক্ষেপ উৎপাদন করে। এই অধ ক্ষেপ গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য কিন্তু পাতলা অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে সহজে দ্রবীভূত হয়। সুতরা, উৎপন্ন গ্যাসটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড। দ্রবণটি পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে যোগ করিলে কোন আয়োডিন মুক্ত হয় না। অতএব দ্রবণে কোন মুক্ত ক্লোরিণ নাই, অর্থাৎ হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিয়াছে। অতএব এই পরীক্ষা হইতে সিদ্ধান্ত করা যায় যে, এক

আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন ক্লোরিণ যুক্ত হইয়া দুই আয়তন হাই-

চিত্র নং 42

ড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। এই পরীক্ষা ঠিক সমায়তন দুইটি কাচের নল মধ্যভাগে একটি ষ্টপ কক দিয়া যুক্ত করিয়া লইয়া দুই নলের অপর প্রান্তে দুইটি ষ্টপ-কক লাগাইয়া লইয়া করা হইয়া থাকে। তাহাতে আয়তনের পরিমাণ ভাল বুঝা যায়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত নির্ণয় পরীক্ষা হইতে জানা যায় 1 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন ক্লোরিণ = 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

মনে করা যাউক যে হাইড্রোজেনের এক আয়তনে হাইড্রোজেনের n অণু আছে।

অতএব অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে—

n অণু হাইড্রোজেন + n অণু ক্লোরিণ = $2n$ অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

1 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু ক্লোরিণ = 2 অণু

যেহেতু হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের অণু দ্বি পরমাণুক (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের অনুসিদ্ধান্ত)

2 পরমাণু হাইড্রোজেন + 2 পরমাণু ক্লোরিণ = 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

1 পরমাণু হাইড্রোজেন + 1 পরমাণু ক্লোরিণ = 1 অণু

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত হইবে HCl

এই সংকেত অনুসারে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক ওজন হইবে 1 + 35.5 = 36.5। এক্ষণে পরীক্ষা দ্বারা লব্ধ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক = 18.25 এবং ইহার আণবিক ওজন হইবে 2 × 18.25 (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের অনুসিদ্ধান্ত অনুসারে M = 2 × D) = 36.5।

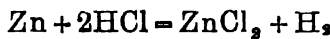
হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের অণুর নির্ভুল সংকেত হইল HCl।

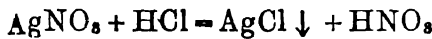
ক্লোরাইডসমূহ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন লবণসমূহকে ক্লোরাইড বলা হয়। **ক্লোরাইডের প্রস্তুতি।** (1) ধাতব অক্সাইড, হাই

ড্রক্সাইড বা কার্বনেটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণকে পরিস্রাবিত করিতে হয় এবং পরিস্রুত দ্রবণকে উত্তাপ দ্বারা জল তাড়াইয় ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে ধাতব ক্লোরাইড কেলাসিত হয়।

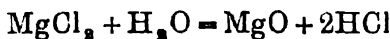
$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

(2) কোন কোন ক্ষেত্রে ধাতুকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া পরিস্রাবণ দ্বারা দ্রবণকে অদ্রাব্য অশুদ্ধি হইতে পৃথক করা হয়। পরিস্রুত দ্রবণকে উত্তাপ দ্বারা ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে ক্লোরাইড কেলাসিত হয়

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$

(3) কোন কোন ক্ষেত্রে জলে অদ্রাব্য ক্লোরাইড অধঃক্ষেপ হিসাবে পাওয়া যায়।

$$AgNO_3 + HCl = AgCl\downarrow + HNO_3$$

ধর্ম সিলভার ক্লোরাইড মারকিউরাস ক্লোরাইড কিউপ্রাস ক্লোরাইড এবং লেড ক্লোরাইড ছাড়া অন্য সমস্ত ধাতব ক্লোরাইড জলে দ্রাব্য আর লেড ক্লোরাইড গরম জলে দ্রবীভূত হয়। কিন্তু জলকে ঠাণ্ডা করিলে সাদা চকচকে কেলাস হিসাবে ইহা অধঃক্ষিপ্ত হয়। উত্তাপ দিলে কোন কোন ক্লোরাইড গলিয়া যায় মাত্র যথা পটাসিয়াম ক্লোরাইড সোডিয়াম ক্লোরাইড সিলভার ক্লোরাইড প্রভৃতি। কোন কোন ক্ষেত্রে ক্লোরাইড বিয়োজিত হয় যেমন অরিক ক্লোরাইড $AuCl_3$। সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2, 6H_2O$) উত্তাপে জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$MgCl_2\ 6H_2O = MgCl_2\ H_2O + 5H_2O$$

$$MgCl_2 + H_2O = MgO + 2HCl$$

আবার কোন কোন ক্লোরাইড বিয়োজিত না হইয়া ঊর্ধ্বপাতিত হয়, যেমন মারকিউরাস ক্লোরাইড (Hg_2Cl_2)।

(খ) ক্লোরিণ (Chlorine)

সংকেত—Cl, আণবিক সংকেত—Cl_2 পারমাণবিক ওজন—35.46, বাষ্পীয় ঘনত্ব 35.46।

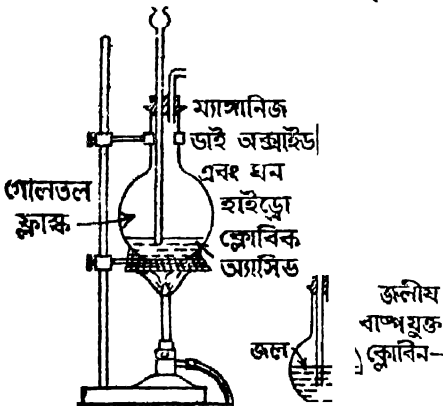
1774 খৃষ্টাব্দে শীলে (Scheele) ক্লোরিণ আবিষ্কার করেন। তখন ইহার নাম দেওয়া হয় অক্সিমিউরিয়েটিক অ্যাসিড (Oxymuriatic acid), কারণ ইহা

মিউরিয়েটিক অ্যাসিডকে (হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের নাম) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দ্বারা জারিত করিয়া প্রস্তুত করা হইয়াছিল। 1810 খৃষ্টাব্দে ডেভি (Davy) ইহার মৌলিকত্ব প্রমাণ করেন এব ইহার ফিকে সবুজ র এর জন্য ইহার নাম ক্লোরিণ (Chloro = Pale Green) রাখেন।

অবস্থান মুক্ত অবস্থায় ক্লোরিণ প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। যৌগ হিসাবে ইহা প্রকৃতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড বা সাধারণ লবণ (NaCl) সিলভাইন (sylvine) অর্থাৎ পটাসিয়াম ক্লোরাইড (KCl) কারনালাইট ($KCl\ MgCl_2\ 6H_2O$) রূপে পাওয়া যায়। সমুদ্রজলে ও খনিতে যথেষ্ট সোডিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়। জার্মানীর ষ্টাসফার্ট নামক স্থানে খনিতে প্রচুর পটাসিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

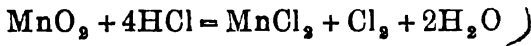
প্রস্তুত প্রণালী (i) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিড পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট প্রভৃতি দ্বারা জারিত করিয়া অথবা (ii) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও ধাতব ক্লোরাইডকে (সোডিয়াম ক্লোরাইড সিলভার ক্লোরাইড প্রভৃতি) তড়িৎ দ্বারা বিশ্লিষ্ট করিয়া, অথবা (iii) কোন কোন ধাতব ক্লোরাইডকে (অরিক ক্লোরাইড প্লাটিনিক ক্লোরাইড) উত্তাপ দ্বারা বিয়োজিত করিয়া ক্লোরিণ উৎপাদিত হয়।

৩ (i) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে (ক) জারণ দ্বারা—

পরীক্ষাগার প্রণালী—একটি গোলতল ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগাইয়া তাহার ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘনল ফানেল এব দুই বার সমকোণে বাঁকানো নির্গমনল লাগানো হয়। ফ্লাস্কের ভিতর কুচি টুকরা গুড়া ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড, MnO_2 (পাইরোলুসাইট নামক খনিজ পদার্থ) লওয়া হয়। তাহার পর ফ্লাস্কটিকে তারজালির উপর রাখিয়া দণ্ডের সহিত আংটা দিয়া আটকানো হয়। তৎপরে দীর্ঘনল

চিত্র ন 43

ফানেলের ভিতর দিয়া গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এরূপ পরিমাণে ঢালা

হয় যে, MnO_2 এর গুড়া এবং ফানেলের নিম্নাংশ অ্যাসিডের ভিতর ডুবিয়া থাকে। দ্রবণের রং ঘোর বাদামি হয়। ফ্লাস্কে বুনসেন দীপ দ্বারা মৃদু উত্তাপ দেওয়া হয়। তখন সবুজ আভাযুক্ত হলুদবর্ণের গ্যাস ফ্লাস্কের ভিতর উৎপন্ন হইয়া নির্গম নল দিয়া বাহিরে আসে। নির্গমনলের শেষ প্রান্ত অপর একটি ফ্লাস্কের মুখের কর্কের ভিতর দিয়া যাইয়া ফ্লাস্কে স্থিত জলের ভিতর ডুবানো থাকে। উত্থিত ক্লোরিণ গ্যাসের সহিত কিছু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড মিশিয়া থাকে। জলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করানোর ফলে প্রথমে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও ক্লোরিণ দুইই দ্রাবিত হয় কিন্তু শীঘ্রই জলটি ক্লোরিণ দ্বারা সংপৃক্ত হইয়া যায় এবং তখন ক্লোরিণ গ্যাস বাহির হইয়া আসে কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস দ্বারা জল সংপৃক্ত না হওয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দ্রাবিত হইতে থাকে। দ্বিতীয় ফ্লাস্কের মুখে অন্য একটি দুই বার সমকোণে বাকানো নির্গমনল লাগানো থাকে। ক্লোরিণ গ্যাস সেইখানে বাহির হইয়া আসে এবং গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্ব অপভ্রংশ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

দ্রষ্টব্য এই বিক্রিয়াটি দুই ধাপে নিষ্পন্ন হয়। প্রথমে সাধারণ উষ্ণতায় যে ঘোর বাদামী রং এর দ্রবণ উৎপন্ন হয় তাহাতে ম্যাঙ্গানিজ টেট্রাক্লোরাইড ($MnCl_4$) ও ম্যাঙ্গানিজ ট্রাইক্লোরাইড ($MnCl_3$) থাকে। পরে উত্তাপ দিলে ইহারা বিশ্লিষ্ট হইয়া ম্যাঙ্গনস্ ক্লোরাইড ($MnCl_2$) এবং ক্লোরিণ দেয়।

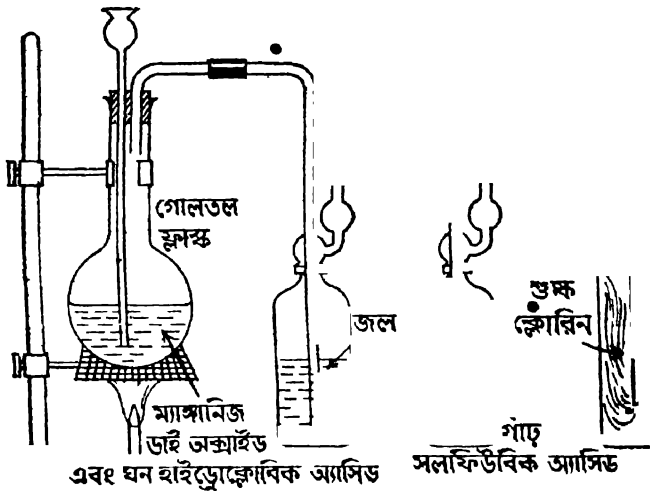
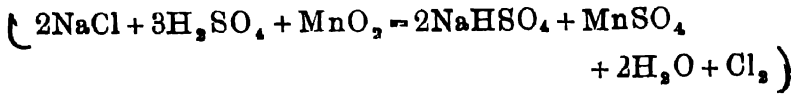
$$\left.\begin{array}{l} MnO_2 + 4HCl = MnCl_4 + 2H_2O \\ MnCl_4 = MnCl_2 + Cl_2 \end{array}\right\} \quad \begin{array}{l} 2MnO_2 + 8HCl = 2MnCl_3 + 4H_2O + Cl_2 \\ 2MnCl_3 = 2MnCl_2 + Cl_2 \end{array}$$

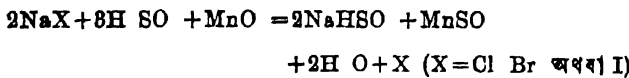
যদি শুষ্ক ক্লোরিণ প্রয়োজন হয় তবে পরবর্তী পৃষ্ঠার ছবিতে প্রদর্শিত মত উৎপন্ন ক্লোরিণকে প্রথমে একটি বোতলে জল রাখিয়া তাহার ভিতর দিয়া অতিক্রম করানো হয়। পরে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অপসারিত হইলে অন্য একটি বোতলে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড রাখিয়া তাহার ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া গ্যাস হইতে জলীয় বাষ্প অপসারিত করা হয়। পরে শুষ্ক ক্লোরিণ গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্ব অপভ্রংশ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

এই ক্লোরিণ প্রস্তুত করিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গাঢ় দ্রবণের পরিবর্তে ফ্লাস্কে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড ম্যাঙ্গানিজ ডাই-

অক্সাইডের গুড়ির সহিত মিশাইয়া লওয়া যাইতে পারে। এই মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিণ গ্যাস উৎপন্ন হয়।

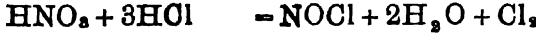
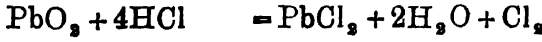
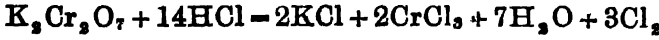
$$2NaCl + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Cl_2$$

চিত্র ন 44

দ্রষ্টব্য এই উপায়ে ক্লোরিণের তুল্য অন্য দুইটি মৌলিক পদার্থ ব্রোমিন এবং আয়োডিন ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড হইতে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা যাইতে পারে। তাই এই পদ্ধতিকে হ্যালাইড (Halide) হইতে হ্যালোজেন প্রস্তুতের সাধারণ পদ্ধতি বলে। এই সমস্ত হ্যালোজেন উৎপন্ন হইবার সাধারণ সমীকরণ হইল

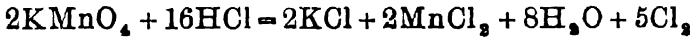
$$2NaX + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + X_2 \quad (X = Cl, Br \text{ অথবা } I)$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত হওয়ায় এই বিক্রিয়া জারণ-বিক্রিয়া (Oxidation)। অন্যান্য জারক দ্রব্য (Oxidising agent) দ্বারাও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন অপসারিত করিয়া ক্লোরিণ পাওয়া যাইতে পারে। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট অথবা লেড ডাই অক্সাইড অথবা ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইয়া মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিণ গ্যাস উদ্ভূত হয়।

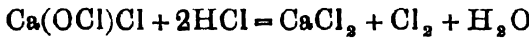
$K_2Cr_2O_7 + 14HCl = 2KCl + 2CrCl_3 + 7H_2O + 3Cl_2$

$PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + 2H_2O + Cl_2$

$HNO_3 + 3HCl = NOCl + 2H_2O + Cl_2$

নাইট্রোসিল ক্লোরাইড

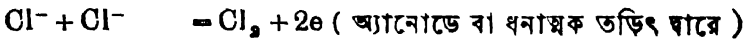
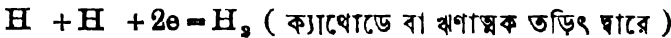
উত্তাপ প্রয়োগ না করিয়া সাধারণ উষ্ণতায় পরীক্ষাগারে যথেষ্ট পরিমাণ ক্লে.... পাইতে হইলে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের কেলাসের উপর গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বিন্দু বিন্দু করিয়া ফেলিতে হয়। একটি শঙ্কু কুপীর (conical flask) মুখে কর্ক লাগাইয়া তাহার ভিতর দিয়া একটি বিন্দুপাতন ফানেল এব একটি সমকোণে বাঁকানো নির্গমনল লাগানো হয়। শঙ্কু কুপীতে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের কেলাস অনেকগুলি লওয়া হয় এব বিন্দুপাতন ফানেল হইতে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা করিয়া পারম্যাঙ্গানেটের কেলাসের উপর ফেলা হয়। ক্লোরিণ উদ্ভূত হইয়া নির্গমনল দ্বারা বাহির হইয়া আসে (রসায়নের গোড়ার কথা" চতুর্থ স স্করণ প্রথম ভাগ 71 পৃ চিত্র ন 13 দেখ)।

$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2$$

অনুরূপভাবে ব্লিচি পাউডারের [Ca(OCl)Cl] উপর পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেলিলেও সাধারণ উষ্ণতায় ক্লোরিণ উৎপন্ন হয়।

$$Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + Cl_2 + H_2O$$

(খ) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎবিশ্লিষ্ট করিলে ক্লোরিণ পাওয়া যায়। এইভাবে ক্লোরিণ উৎপাদনের জন্য হফম্যান যে যন্ত্র ব্যবহার করিয়াছিলেন তাহা পূর্বেই বর্ণিত হইয়াছে (238 পৃ দেখ)।

$$HCl = H + Cl^-$$

$H + H + 2e = H_2$ (ক্যাথোডে বা ঋণাত্মক তড়িৎ দ্বারে)

$Cl^- + Cl^- = Cl_2 + 2e$ (অ্যানোডে বা ধনাত্মক তড়িৎ দ্বারে)

সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারাও ক্লোরিণ পাওয়া যায়। সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণ দুই ভাবে নিষ্পন্ন হইতে পারে। উত্তাপ দ্বারা তরলীকৃত সোডিয়াম ক্লোরাইডের ভিতর তড়িৎ প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে বা ঋণাত্মক তড়িৎ দ্বারে সোডিয়াম ধাতু উৎপন্ন হয় এবং অ্যানোডে বা ধনাত্মক তড়িৎ দ্বারে ক্লোরিণ পাওয়া যায়। এখানে তড়িৎদ্বার হিসাবে আয়রণের ক্যাথোড এবং গ্যাসকার্বনের অ্যানোড ব্যবহৃত হয়। আবার সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয়

দ্রবণ বিভক্ত কোষে তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা কার্বন অ্যানোডে ক্লোরিণ এবং আয়রণ ক্যাথোডে কষ্টিক সোডা (NaOH) এবং হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। এ বিষয়ে বিশদ আলোচনা ক্লোরিণের পণ্য-উৎপাদন-প্রসঙ্গে নিম্নে বর্ণিত হইয়াছে।

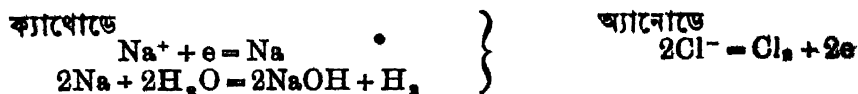
$$NaCl = Na^{+} + Cl^{-}$$

ক্যাথোডে

$$Na^{+} + e = Na$$

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

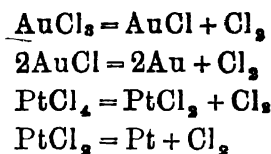
অ্যানোডে

$$2Cl^{-} = Cl_2 + 2e$$

বিশুদ্ধ ক্লোরিণ প্রস্তুত করিতে হইলে অরিক ক্লোরাইড ($AuCl_3$) অথবা প্লাটিনাম ক্লোরাইড উত্তপ্ত করিয়া উদ্ভূত গ্যাসকে পারদের অপভ্রংশ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

$$AuCl_3 = AuCl + Cl_2$$

$$2AuCl = 2Au + Cl_2$$

$$PtCl_4 = PtCl_2 + Cl_2$$

$$PtCl_2 = Pt + Cl_2$$

ক্লোরিণের পণ্য উৎপাদন সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা বর্তমানে কষ্টিক সোডা বা ধাতব সোডিয়ামের পণ্য উৎপাদন সময়ে ক্লোরিণ উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। কিন্তু তার পূর্বে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জারণ দ্বারা ক্লোরিণের পণ্য উৎপাদন নিষ্পন্ন হইত। তখন দুইটি পদ্ধতি প্রচলিত ছিল। একটি **ওয়েলডন** (Weldon) পদ্ধতি এবং অপরটি **ডিকন** (Deacon) পদ্ধতি। পদ্ধতি দুইটির নামকরণ করা হইয়াছিল উদ্ভাবক বিজ্ঞানী ওয়েলডন ও ডিকনের নামানুসারে।

(ক) **ওয়েলডন পদ্ধতি** ঃ রসায়নাগারে যে প্রক্রিয়া দ্বারা ক্লোরিণ তৈয়ারী করা হয় ওয়েলডন পদ্ধতিতে মূলত সেই একই প্রক্রিয়া প্রযুক্ত হয়। উভয় ক্ষেত্রেই ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া ক্লোরিণ পাওয়া যায়। ওয়েলডন পদ্ধতিতে কেবল পাত্রগুলি পাথরের তৈয়ারী এবং বৃহদায়তন তাই উৎপাদিত ক্লোরিণের পরিমাণ অনেক বেশী।

ওয়েলডন প্রণালীর বৈশিষ্ট্য হইল দামী ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইডের পুনরুদ্ধারে। তাই এই প্রণালীতে একই পরিমাণ ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড জারক হিসাবে বার বার ব্যবহার করা যায়।

এই পদ্ধতিতে পাইরোলুসাইট (Pyrolusite, খনিজ পদার্থ এবং [illegible] শতকরা 10 ভাগ ফেরিক অক্সাইড এবং 80 ভাগ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড থাকে) ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড একটি বড় পাথরের পাত্রে (Stoneware Still) লইয়া পাত্রের ভিতর অবস্থিত ষ্টীম পাইপ দিয়া ষ্টীম চালনা করিয়া উত্তপ্ত করা হয়। ক্লোরিণ উদ্ভূত হইয়া নির্গমনল দ্বারা বাহির হইয়া আসে।

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

পাথরের পাত্রে যে দ্রবণ থাকে তাহাতে ম্যাঙ্গানিজ ক্লোরাইড ($MnCl_2$) ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) এবং কিছু অবশিষ্ট হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) প্রভৃতি পড়িয়া থাকে। এই অবশেষকে (spent liquor) পাথরের পাত্রের নিম্নে অবস্থিত ষ্টপ কক যুক্ত পাইপের ষ্টপ কক খুলিয়া দিয়া একটি ট্যাঙ্কে লওয়া হয় এবং তাহাতে যথেষ্ট পরিমাণ চুনাপাথর (ক্যালসিয়াম কার্বনেট) যোগ করিয়া মিশ্রণকে আলোড়িত করা হয়। ইহার ফলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত (neutralised) হয় এবং ফেরিক হাইড্রক্সাইড [$Fe(OH)_3$] অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$2HCl + CaCO_3 = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

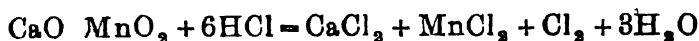
তখন অধঃক্ষেপ সমেত দ্রবণটিকে অন্য একটি ট্যাঙ্কে পাম্পদ্বারা লইয়া যাওয়া হয় এবং সেখানে দ্রবণটিকে থিতাইতে (settle) দেওয়া হয়। গাদ (Sediment) থিতাইলে পরিষ্কার দ্রবণকে একটি চোঙ্গাকৃতি লৌহপাত্রে সরাইয়া লওয়া হয় এবং সেখানে তাহার সহিত হিসাবমত চুন গোলা (milk of lime) মিশ্রিত করিয়া ষ্টীমের সাহায্যে 60 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। তাহার পর উত্তপ্ত দ্রবণের মধ্য দিয়া ছ্যাঁদা করা পাইপের সাহায্যে অধিক চাপে বায়ু 4 5 ঘণ্টা ধরিয়া চালিত করা হয়। লৌহ পাত্রটিকে জারক ঘর (Oxidising Chamber বা Oxidiser) বলে। প্রথমে চুনের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ম্যাঙ্গানিজ ক্লোরাইড হইতে ম্যাঙ্গানাস্ হাইড্রক্সাইড উদ্ভূত হয়।

$$MnCl_2 + Ca(OH)_2 = Mn(OH)_2 + CaCl_2$$

পরে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা ম্যাঙ্গানস্ হাইড্রক্সাইড জারিত হইয়া ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং ইহা অবশিষ্ট চুনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম ম্যাঙ্গানাইট (Calcium manganite, $CaO\ MnO_2$ অথবা $2CaO, MnO_2$) গঠন করে।

$$2Mn(OH)_2 + 2Ca(OH)_2 + O_2 = 2CaMnO_3 + 4H_2O$$

এই ক্যালসিয়াম ম্যাঙ্গানাইট কালো পাতলা কাদার আকারে জারক ঘরের নীচে জমা হয়। ইহাকে **ওয়েলডন কাদা** (Weldon mud) বলে। ওয়েলডন কাদাকে জারক ঘরের নীচে অবস্থিত অন্য একটি ট্যাঙ্কে লইয়া থিতাইতে দেওয়া হয়। সেখান হইতে এই কাদাকে পাইরোলুসাইটের পরিবর্তে ক্লোরিণ উৎপাদনের জন্য ব্যবহৃত বড় পাথরের পাত্রে লওয়া হয়। এই কাদাই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করে।

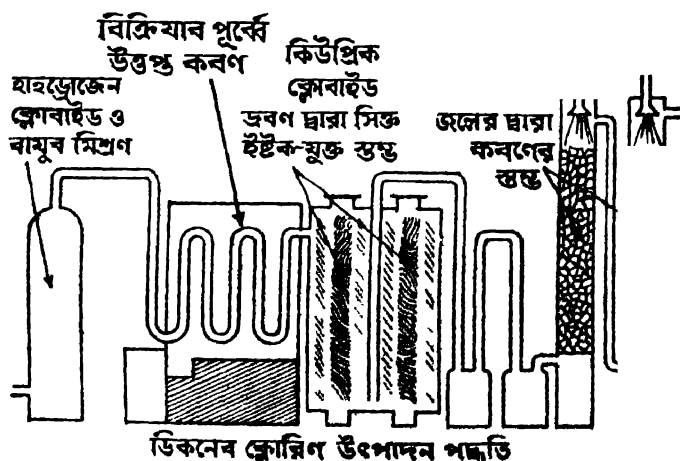
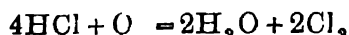
$$CaO\ MnO_2 + 6HCl = CaCl_2 + MnCl_2 + Cl_2 + 3H_2O$$

তাই একই ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড ঘুরাইয়া ঘুরাইয়া ব্যবহার করিয়া হাইড্রো ক্লোরিক অ্যাসিড ইতে ক্লোরিণ উৎপাদন করা হয়।

এই পদ্ধতিতে যত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় তাহার শতকরা 30 ভাগ মাত্র জারিত হইয়া ক্লোরিণ দিয়া থাকে। বাকী হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডে পরিবর্তিত হইয়া নষ্ট হয়।

(খ) **ডিকনের পদ্ধতি** এই পদ্ধতিতে বায়ুর অক্সিজেন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিতে ব্যবহৃত হয়। মূলত বায়ুর অক্সিজেন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে অতি সামান্য পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত হইয়া অতি সামান্য পরিমাণ ক্লোরিণ দেয়।

$$4HCl + O = 2H_2O + 2Cl_2$$

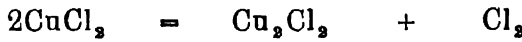
ডিকনের ক্লোরিণ উৎপাদন পদ্ধতি

চিত্র নং 45

কিন্তু 450° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় কিউপ্রিক ক্লোরাইড অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার

করিলে বিক্রিয়াটি খুব ত্বরান্বিত হয় এব জাঁরণের ফলে প্রয়োজনমত ক্লোরিণ পাওয়া যায়।

এই পদ্ধতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড হইতে পণ্য উৎপাদনে উদ্ভূত হাইড্রোজেন ক্লোবাইড এব বায়ুর মিশ্রণ একটি স্তম্ভে লইয়া ধুলিমুক্ত করা হয়। তাহার পর একটি উত্তপ্ত প্রকোষ্ঠে (preheater) অবস্থিত লোহার নলের (iron pipe) মধ্য দিয়া লইয়া মিশ্রণটিকে 220 সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করা হয়। তাহার পর উত্তপ্ত মিশ্রণটিকে অপর একটি লোহার স্তম্ভের (Contact Chamber) মধ্য দিয়া পরিচালিত করা হয়। এই স্তম্ভেব মধ্যে ভাঙ্গা ইঁট কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণ দ্বারা সিক্ত কবিয়া শুষ্ক অবস্থায় আনয়নের পর 440° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিয়া রাখা হয়। স্তম্ভে হাইড্রোক্লোবিক অ্যাসিড জারিত হয় এব ক্লোবিণ উদ্ভুত হয়। এই উদ্ভূত ক্লোরিণ গ্যাসকে পর পর দুইটি স্তম্ভে জল দ্বারা ধৌত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস হইতে মুক্ত করা হয় এব অন্য একটি স্তম্ভে গাঢ সলফিউবিক অ্যাসিড দ্বাবা শুষ্ক করা হয়।

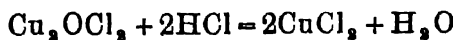
প্রথমে 450 সেন্টিগ্রেডে কিউপ্রিক ক্লোবাইড ভাঙ্গিয়া কিউপ্রাস্ ক্লোরাইড এব ক্লোরিণ গ্যাস হয়।

$$2CuCl_2 = Cu_2Cl_2 + Cl_2$$

কিউপ্রিক ক্লোরাইড কিউপ্রাস ক্লোবাইড ক্লোবিণ

এই কিউপ্রাস্ ক্লোবাইড বায়ুর অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া দ্বারা কিউপ্রাস্ অক্সি-ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $2Cu_2Cl_2 + O_2 = 2Cu_2OCl_2$

কিউপ্রাস্ অক্সি ক্লোরাইড।

এই কিউপ্রাস অক্সি ক্লোরাইড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসেব সহিত ক্রিয়া করে এব৲ কিউপ্রিক ক্লোরাইড গঠন কবে।

$$Cu_2OCl_2 + 2HCl = 2CuCl_2 + H_2O$$

উৎপন্ন কিউপ্রিক ক্লোরাইড আবার উত্তাপে ভাঙ্গিয়া কিউপ্রাস্ ক্লোরাইড দেয়।

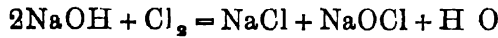
এই বিক্রিয়াগুলি অবিরাম চক্রাকারে চলিতে থাকে এব ক্লোরিণ সমানেই উৎপন্ন হয়।

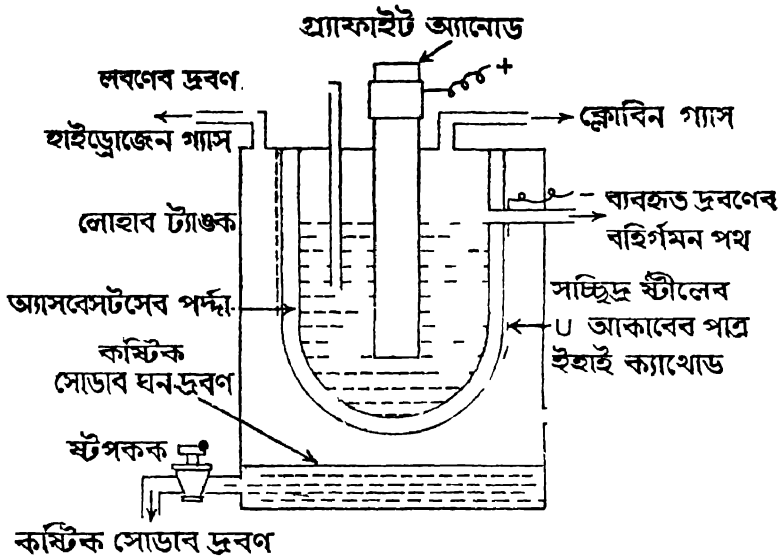
এই পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের শতকরা 60 ভাগ জারিত হইয়া ক্লোরিণ হয় এবং অবশিষ্ট শতকরা 40 ভাগ ধৌতকরণের স্তম্ভের নীচে হইতে স গ্রহ করিয়া পুনর্ব্যবহার করা হয়। কিন্তু এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন ক্লোরিণের সহিত ব্যবহৃত

বায়ুর সমগ্র নাইট্রোজেন মিশিয়া থাকে। সেই কারণে ইহা খুব পাতলা ক্লোরিণ (৪–10%)। এই ক্লোরিণ দ্বারা বিশেষ যন্ত্রে ব্লিচিং পাউডার তৈয়ারী করা হয়। ইহা পরে বর্ণিত হইয়াছে (২৬১ পৃ দেখ)।

(গ) **তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রণালী** বর্তমানে ক্লোরিণের পণ্য উৎপাদন সোডিয়াম ক্লোরাইডের (গলিত fused অথবা দ্রবণ) তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা সম্পন্ন করা হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা কষ্টিক সোডা বহুল পরিমাণে তৈয়ারী করা হয় এবং তাহাতে গাঢ় ক্লোরিণ উপজাত হিসাবে প্রচুর পরিমাণে উৎপন্ন হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অপেক্ষা সোডিয়াম ক্লোরাইডের দাম অনেক কম তাহা সহজে বোঝা যায় কারণ সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতেই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সেই কারণে ওয়েলডন ও ডিকন পদ্ধতি লোপ পাইয়াছে এবং প্রয়োজনীয় সমস্ত ক্লোরিণ বর্তমানে তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে প্রস্তুত করা হইতেছে।

নেল্‌সন কোষ (Nelson Cell) এই কোষে উৎপন্ন ক্লোরিণ এবং উৎপন্ন সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড পরস্পর যাহাতে মিলিত হইতে না পারে তাহার ব্যবস্থা আছে। ইহার কারণ ক্লোরিণের সহিত সহজে কষ্টিক সোডার বিক্রিয়া ঘটে এবং তাহার ফলে সোডিয়াম ক্লোরাইড পুনর্গঠিত হয়।

$$2NaOH + Cl_2 = NaCl + NaOCl + H_2O$$

একটি ইস্পাত নির্মিত ট্যাঙ্কে একটি U আকারের স্টীলের পাতের তৈয়ারী সচ্ছিদ্র পাত্র বসানো হয়। এই পাত্রটি ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত হয়। স্টীলের পাতের ছিদ্রগুলির উপর অ্যাসবেষ্টসের পরদা দেওয়া থাকে। স্টীল ট্যাঙ্কের নীচে একটি ষ্টপ ককযুক্ত নল এবং উপরে একটি গ্যাস নির্গমনল লাগানো থাকে। ট্যাঙ্কের এবং U আকারের পাত্রের মুখ সিমেন্ট দিয়া বন্ধ করা হয়। উপরে স যুক্ত নল দিয়া U আকারের পাত্রে প্রয়োজনমত সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ (brine) যোগ করা হয় এবং U আকারের পাত্রের পার্শ্বে অবস্থিত একটি বহির্গমন নল দিয়া ব্যবহৃত দ্রবণ বাহির হইয়া যায়। U আকারের পাত্রের ঢাকনার সহিত একটি গ্যাস নির্গম নল লাগানো থাকে। উপরের ঢাকনার ভিতর দিয়া একটি গ্র্যাফাইটের তৈয়ারী দণ্ড সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের ভিতর বসানো হয়। এই গ্র্যাফাইটের দণ্ড অ্যানোড হিসাবে ব্যবহৃত হয়। U আকারের পাত্রটিকে ব্যাটারীর ঋণাত্মক মেরুর সহিত যোগ করা হয় এবং গ্র্যাফাইটের

দণ্ডটিকে উক্ত ব্যাটারীর ধনাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত করা হয়। তড়িৎপ্রবাহ সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করার ফলে সোডিয়াম ক্লোরাইড

চিত্র নং 46

ভাঙ্গিয়া গিয়া ঋণাত্মক তড়িৎ দ্বারে সোডিয়াম এবং ধনাত্মক তড়িৎ দ্বারে ক্লোরিণ উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম অ্যাসবেষ্টসের পর্দার ভিতর দিয়া U আকারের পাত্রের বাহিরে আসে এবং সেখানে ট্যাঙ্কের গায়ে লাগানো স্টীম পাইপ দ্বারা চালিত স্টীমের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ঘন কষ্টিক সোডার দ্রবণ উৎপন্ন করে। উদ্ভূত ক্লোরিণ নির্গমনল দিয়া বাহির হয়। এই ক্লোরিণকে সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের উপর সংগ্রহ করা হয়। পরে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া ক্লোরিণ শুষ্ক করা হয় এবং উচ্চ চাপে শুষ্ক ক্লোরিণকে তরল করিয়া লোহার চোঙে ভর্তি করিয়া বাজারে বিক্রয়ের জন্য পাঠানো হয়।

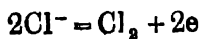
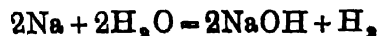
$$NaCl = Na^+ + Cl^-$$

অ্যানোডে

$$2Cl^- = Cl_2 + 2e$$

ক্যাথোডে

$$Na^+ + e = Na$$

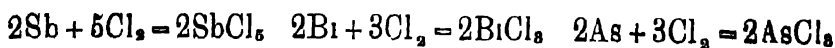
$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

আরও বহুপ্রকারের কোষ এইভাবে কষ্টিক সোডা ও ক্লোরিণ উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

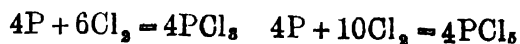
ক্লোরিণের ধর্ম (i) ক্লোরিণ একটি ফিকে আভাযুক্ত হলুদ বর্ণের গ্যাস। (ii) ইহার একটি তীব্র অপ্রীতিকর গন্ধ আছে। (iii) ইহা একটি বিষাক্ত গ্যাস। ক্লোরিণ শ্বাসের সহিত টানিলে নাক ও গলার শ্লৈষ্মিক ঝিল্লী ক্ষয় করে এবং অতিরিক্ত পরিমাণে টানিলে মৃত্যু পর্যন্ত ঘটায়। (iv) ইহা বায়ু অপেক্ষা আড়াই গুণ ভারী। (v) ইহা জলে সামান্য মাত্রায় দ্রাব্য এব জলেব দ্রবণে ক্লোরিণের বর্ণ ও গন্ধ বিদ্যমান থাকে। এই দ্রবণকে ক্লোবিণ জল (chlorine water) বলা হয়। সাধারণ লবণের দ্রবণে ইহার দ্রাব্যতা খুবই কম। (vi) ক্লোরিণকে বরফ দ্বারা শীতল কবিয়া অল্প চাপ দিলেই ইহা হলুদ বর্ণের তরলে রূপান্তরিত হয়।

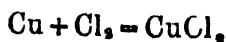
ক্লোরিণ একটি অত্যন্ত ক্রিযাশীল মৌল

(vii) ক্লোরিণ নিজে দাহ্য নয় কিন্তু ইহা দহনের সহায়ক। ফস্‌ফোরাস, সোডিয়াম পটাসিয়াম ক্যালসিয়াম অ্যান্টিমনি বিসমাথ কপার প্রভৃতি মৌলিক পদার্থ গ্যাসে দিলে জ্বলিতে থাকে এব উহাদেব ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

পরীক্ষা (ক) ক্লোরিণ গ্যাসপূর্ণ জারে ধাতব অ্যান্টিমনির গুড়া সামান্য উত্তপ্ত কবিয়া ছুরিব ডগা হইতে ফেলা হয়। ফুলঝুরিব মত অগ্নিকণা অ্যান্টিমনির স্বত প্রজ্বলন হইতে উৎপন্ন হয়। জারের নীচে অ্যান্টিমনি ক্লোরাইড জমা হয়। এইরূপে আসেনিক বা বিসমাথের গুড়া ফেলিলেও অগ্নিস্ফুলিঙ্গ ছড়াইয়া পড়ে এব তাহাদের ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Sb + 5Cl_2 = 2SbCl_5 \quad 2Bi + 3Cl_2 = 2BiCl_3 \quad 2As + 3Cl_2 = 2AsCl_3$$

(খ) উজ্জ্বলন চামচে (Deflagrating spoon) সাদা ফসফোবাস লইয়া একটি ক্লোরিণপূর্ণ গ্যাসজারে ঢোকানো হয়। ফসফোরাস জ্বলিয়া উঠে এব ফসফোরাসের ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$4P + 6Cl_2 = 4PCl_3 \quad 4P + 10Cl_2 = 4PCl_5$$

(গ) সোনালী পাতা (Dutch metal) একটি ক্লোরিণপূর্ণ গ্যাসজারে নিক্ষেপ করা হয়। সোনালী পাতা জ্বলিয়া উঠে এবং কিউপ্রিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$Cu + Cl_2 = CuCl_2$$

(viii) **ইহার হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইবার জন্য প্রবল আসক্তি আছে।** সেই কারণে ইহা মুক্ত হাইড্রোজেনের সহিত অতি সহজে যুক্ত হয়।

পরীক্ষা (ক) হাইড্রোজেন গ্যাস এবং ক্লোরিণ গ্যাস সমপরিমাণে একটি গ্যাসজারে অন্ধকার ঘরে মিশানো হয়। মিশ্রণটি সমেত গ্যাসজারটি রৌদ্রে ধরিলে বিস্ফোরণ সহকারে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। রৌদ্রে না ধরিয়া ঘরের ভিতরের আলোয় ধরিলে বিস্ফোরণ হয় না কিন্তু হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের ভিতর ধীরে ধীরে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। ম্যাগনেসিয়ামের ফিতায় আগুন ধরাইয়া উৎপন্ন আলোয় মিশ্রণটিকে ধরিলে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের মিশ্রণে বিস্ফোরণ সহকারে বিক্রিয়া ঘটে। মিশ্রণে অগ্নি সংযোগ করিলেও বিস্ফোরণ সংঘটিত হয়। $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

(খ) প্রজ্বলিত হাইড্রোজেন শিখা ক্লোরিণ গ্যাসের ভিতর প্রবেশ করানো হইলে উহা জ্বলিতে থাকে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধোঁয়া দেখিতে পাওয়া যায়।

যৌগের হাইড্রোজেনও ক্লোরিণ টানিয়া লইয়া তাহার সহিত সংযুক্ত হয়।

পরীক্ষা (ক) গ্যাসজারে ক্লোরিণ গ্যাস ভর্তি করিয়া তাহার ভিতর উজ্জ্বলন চামচে একটি মোমবাতি জ্বালাইয়া চামচটি নামাইয়া দেওয়া হয়। মোমবাতিটি লাল অনুজ্জ্বল ধোঁয়াটে শিখার (lurid flame) সহিত জ্বলে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও ঝুল (soot) উৎপন্ন হয়।

(খ) জলমুক্ত তার্পিণ তৈলে ফিল্টার কাগজ ডুবাইয়া ক্লোরিণ গ্যাসের ভিতর ছাড়িয়া দেওয়া হয়। ফিল্টার কাগজ জ্বলিয়া উঠে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধোঁয়া এবং কার্বন উৎপন্ন হয়। $C_{10}H_{16} + 8Cl_2 = 10C + 16HCl$

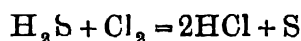
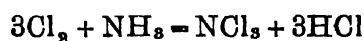
হাইড্রোজেন ও কার্বনের যৌগকে হাইড্রোকার্বন বলে এবং বাতি ও তার্পিণ তৈল দুইটি বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন। ইহাদের হাইড্রোজেনের সহিত ক্লোরিণ যুক্ত হয় এবং কার্বন ঝুলের আকারে উৎপন্ন হইয়া গ্যাসজারের গায়ে লাগিয়া থাকে।

(ix) হাইড্রোজেনের প্রতি এই আসক্তির ফলে ক্লোরিণ অতি শক্তিশালী জারক হিসাবে ক্রিয়া করে। যৌগ হইতে হাইড্রোজেন অপসারণকে জারণপ্রক্রিয়া বলে। এই সমস্ত জারণক্রিয়ায় ক্লোরিণ নিজে বিজারিত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পরিণত হয়। উদাহরণস্বরূপ অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন সলফাইড হইতে ক্লোরিণ দ্বারা হাইড্রোজেন অপসারণের বিক্রিয়া সমীকরণ দ্বারা দেখানো হইল।

$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$

দ্রষ্টব্য —অতিরিক্ত ক্লোরিণের উপস্থিতিতে ভয়ঙ্কর বিস্ফোরক নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$3Cl_2 + NH_3 = NCl_3 + 3HCl$$

$$H_2S + Cl_2 = 2HCl + S$$

সময় সময় ক্লোরিণ কোন কোন পদার্থের সহিত সোজাসুজি যুক্ত হইয়া পদার্থগুলিকে জারিত করে। যেমন উদাহরণ হিসাবে ফেরাস ক্লোরাইড ও ষ্ট্যানস্ ক্লোরাইডের ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ফেরিক ক্লোরাইডে ও ষ্ট্যানিক ক্লোরাইডে পরিবর্তন উল্লেখ করা যায়

$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3 \quad SnCl_2 + Cl_2 = SnCl_4$$

আবার জলের উপস্থিতিতে ক্লোরিণ পদার্থের সহিত অক্সিজেন যুক্ত করিয়া দিয়া জারণপ্রক্রিয়া নিষ্পন্ন করে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে সলফার ডাই অক্সাইডের ক্লোরিণের সহিত জলের উপস্থিতে বিক্রিয়া হয় এবং সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $Cl_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HCl + H_2SO_4$

(x) ক্লোরিণের অবস্থাভেদে জলের সহিত নানাভাবে বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে।

(ক) হিম শীতল (0° সেন্টিগ্রেড) জলের ভিতর ক্লোরিণ গ্যাস দিলে ক্লোরিণ হাইড্রেটের ($Cl_2, 10H_2O$) সাদা স্ফটিক উৎপন্ন হয়।

(খ) সাধারণ উষ্ণতায় জলে ক্লোরিণ গ্যাস দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবণের বর্ণ হলদে হয়। এই দ্রবণকে **ক্লোরিণ জল** (chlorine water) বলে তাহা পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে।

(গ) ক্লোরিণ জল বাড়িয়া দিলে ইহা আর্দ্র বিশ্লিষ্ট (hydrolyses) হয় এবং দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড (HOCl) উৎপন্ন হয়। $Cl_2 + H_2O = HCl + HOCl$

(ঘ) ক্লোরিণ জলকে বেশী দিন রাখিয়া দিলে বা উজ্জ্বল সূর্যালোকে রাখিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মাত্র দ্রবণে থাকে এবং অক্সিজেন গ্যাস বাহির হইয়া আসে। $2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2$

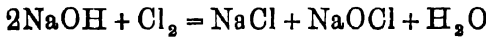
সেইজন্য পুরাতন ক্লোরিণ জল নীল লিটমাসকে লাল করে। কিন্তু মুক্ত ক্লোরিণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে নীল লিটমাসের রং একেবারে চলিয়া (bleached) যাইত।

দ্রষ্টব্য —প্রথম অবস্থায় ক্লোরিণ জলে যে হাইপোক্লোরাস্ অ্যাসিড উৎপন্ন হয় তাহা বিশ্লিষ্ট হইয়া জায়মান অক্সিজেন (nascent oxygen) উৎপাদন করে। এই জায়মান অক্সিজেনের উদ্ভবের জন্যই ক্লোরিণ জল স্রাবক, বিরঞ্জক এবং বীজাণু নাশক। $HOCl = HCl + O$ (জায়মান অক্সিজেন)

(ঙ) ষ্টীমের সহিত ক্লোরিণ সহজেই রাসায়নিকভাবে ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। $2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2$

(xi) **ক্ষারের সহিত ক্লোরিণের দুইভাবে বিক্রিয়া ঘটে**

(ক) **ঠাণ্ডা এবং পাতলা** ক্ষার (যথা কষ্টিক সোডা কষ্টিক পটাস) ক্লোরিণের সহিত ক্রিয়া করিয়া ক্লোরাইড এবং হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন করে।

$$2NaOH + Cl_2 = NaCl + NaOCl + H_2O$$

(খ) অতিরিক্ত ক্লোরিণ গ্যাস উষ্ণ ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া দ্বারা ক্লোরাইড এবং ক্লোরেট উৎপাদন করে।

$$6NaOH + 3Cl_2 = NaClO_3 + 5NaCl + 3H_2O$$

সোডিয়াম ক্লোরেট

$$6KOH + 3Cl_2 = KClO_3 + 5KCl + 3H_2O$$

পটাসিয়াম ক্লোরেট

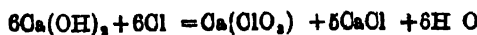
পটাসিয়াম ক্লোরেট সাদা কেলাস হিসাবে দ্রবণের তলায় জমা হয়। ইহা একটি অতি প্রয়োজনীয় রাসায়নিক। পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে ইহার ব্যবহার হয়। পরীক্ষাগারের বাহিরে পটাসিয়াম ক্লোরেট বাজী তৈয়ারী করিতে এবং বিস্ফোরণ ঘটাইতে ব্যবহৃত হয়।

দ্রষ্টব্য —চুনের জল এবং চুন-গোলা (milk of lime) ক্ষারের দ্রবণ ও জলের সহিত ক্ষারের মিশ্রণ। সুতরাং ইহাদের সহিতও ক্লোরিণের উপরে লিখিত মত বিক্রিয়া ঘটে।

ঠাণ্ডা এবং পাতলা চুনের জলের সহিত কম পরিমাণ ক্লোরিণ ক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এবং ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইট গঠন করে।

$$2Ca(OH) + 2Cl = CaCl + Ca(OCl) + 2H\ O$$

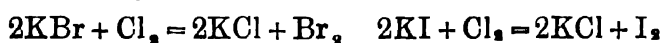
অতিরিক্ত ক্লোরিণ উষ্ণ চুনগোলার ভিতর অতিক্রম করাইলে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এবং ক্যালসিয়াম ক্লোরেট উৎপন্ন হয়।

$$6Ca(OH)_2 + 6Cl = Ca(ClO_3) + 5CaCl + 6H\ O$$

কিন্তু শুষ্ক কলি চুন [Slaked lime $Ca(OH)_2$ কেবলমাত্র পাথুরে চুন হইতে নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$] ক্লোরিণের সহিত 40 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ক্রিয়া করিয়া ব্লিচি পাউডার (bleaching powder) দেয়। $Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$

এই ব্লিচি পাউডার একটি অতি প্রয়োজনীয় রাসায়নিক। ইহার বিষয় পরে বলা হইয়াছে (পৃ ২৫৯ দেখ)। ইহার রাসায়নিক নাম ক্যালসিয়াম ক্লোরো হাইপো ক্লোরাইট।

পাথুরে চুনের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় ক্লোরিণের কোন ক্রিয়া হয় না। কিন্তু লোহিত তাপে পাথুরে চুন ক্লোরিণের সহিত ক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দেয় এবং অক্সিজেন গ্যাস বাহির হইয়া আসে। $2CaO + 2Cl_2 = 2CaCl_2 + O_2$

(xii) ক্লোরিণ ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড হইতে যথাক্রমে ব্রোমিন এবং আয়োডিন মুক্ত করে। কার্বন ডাই সলফাইডযুক্ত পটাসিয়াম ব্রোমাইডের দ্রবণে ক্লোরিণ জল যোগ করিয়া ঝাঁকাইয়া রাখিয়া দিলে দ্রবণের নিম্নে যে কার্বন ডাই সলফাইডের স্তর উদ্ভূত হয় তাহা কমলালেবুর রং এর হয়। কারণ ব্রোমিন কার্বন ডাই সলফাইডে দ্রবীভূত হয়।

$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2 \quad 2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$$

উক্তরূপে পরীক্ষা পটাসিয়াম আয়োডাইড লইয়া করিলে কার্বন ডাই সলফাইডের স্তর বেগুনী রং এর হয়।

(xiii) কার্বন মনোক্সাইডের সহিত ক্লোরিণ সরাসরি যুক্ত হইয়া কার্বনিল ক্লোরাইড বা ফস্‌জেন গ্যাস গঠন করে। $CO + Cl_2 = COCl_2$

(xiv) ক্লোরিণ একটি বিরঞ্জন গুণবিশিষ্ট গ্যাস।

আর্দ্রতার (moisture) উপস্থিতিতে ক্লোরিণ গ্যাস উদ্ভিদ হইতে সঞ্জাত রঙ্গিন দ্রব্যকে বর্ণশূন্য করে। আর্দ্রতা না থাকিলে ক্লোরিণের নিজের এই বিরঞ্জন ক্ষমতা দেখা যায় না। ক্লোরিণ প্রথমে জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন করে। এই জায়মান অক্সিজেন রঙ্গিন দ্রব্যের রংকে জারিত করিয়া নাশ করে, কারণ রং হইতে উৎপন্ন জারিত পদার্থ বর্ণহীন। সুতরাং শুষ্ক ক্লোরিণ শুষ্ক দ্রব্যকে বিরঞ্জিত করে না।

পরীক্ষা ° শুষ্ক ক্লোরিণে ভর্তি করিয়া কয়েকটি গ্যাসজার লওয়া হয়। তাহার ভিতর শুষ্ক লাল ফুল নীল লিটমাসের গুড়া, লাল কালিতে ভিজাইয়া

পরে শুষ্ক করা কাপড়ের টুকরা এব লিখিবার কালি দিয়া লেখা, ছাপিবার কালি লাগানো এবং পেন্সিল দিয়া লেখা কাগজের টুকরা ছাড়িয়া দেওয়া হয়। কিন্তু কোন দ্রব্যই বিরঞ্জিত হয় না। তাহার পর প্রত্যেক গ্যাসজারে একটু একটু জল ছিটাইয়া দেওয়া হয়। তখন দেখা যায় যে ছাপাকালি লাগানো ও পেন্সিল দিয়া লেখা কাগজের দাগ থাকিয়াই যায় কিন্তু অন্য সকল দ্রব্যের র চলিয়া গিয়া সাদা হয়। ছাপা কালিতে এব পেন্সিলে কার্বন থাকে এব ব যাহা হয় তাহা কার্বনের জন্য। ক্লোরিণের কার্বনের সহিত কোন ক্রিয়া হয় না।

ক্লোরিণের অভীক্ষণ (i) ক্লোরিণকে তাহার ফিকে সবুজ র তীব্র শ্বাসরোধী ব্লিচি পাউডারের মত গন্ধ এব র নাশক গুণ দ্বারা চিনিতে পারা যায়।

(ii) **রাসায়নিকভাবে পরীক্ষা** এক খানি কাগজকে প্রথমে শ্বেতসারের (starch) দ্রবণে ডুবাইয়া তাহার পর পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে ডোবানো হয়। ইহাকে আয়োডাইড যুক্ত শ্বেতসার কাগজ (iodised starch paper) বলে। এই কাগজ ক্লোরিণ গ্যাসে ধরিলে কাগজটি নীলবর্ণ প্রাপ্ত হয়। ইহার কারণ ক্লোরিণ পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মুক্ত করে এব সেই আয়োডিন শ্বেতসারের সহিত নীল র এব যৌগ উৎপন্ন করে।

দ্রষ্টব্য যে কোন জারক দ্রব্য এইরূপভাবে আয়োডাইড যুক্ত শ্বেতসার কাগজকে নীল করে। তাই (i) এব (ii) একত্রে ক্লোরিণকে চিনাইতে পারে।

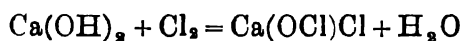
ক্লোরিণের ব্যবহার (i) জলের জীবাণু নাশ করিতে এব অ্যান্টিসেপ টিক (antiseptic) হিসাবে (ii) কাগজ ও বস্ত্রশিল্পে বিরঞ্জক হিসাবে এব (iii) ব্লিচি পাউডার, ক্লোরোফর্ম, ব্রোমিন প্রভৃতি দ্রব্যের পণ্য উৎপাদনে ও (iv) বিশুদ্ধ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও যুদ্ধে ব্যবহার করিবার জন্য বিষাক্ত গ্যাস (যথা mustard gas phosgene gas chloropicrin gas ইত্যাদি) প্রস্তুত করিতে ক্লোরিণ ব্যবহৃত হয়। মুক্ত ক্লোরিণ গ্যাসও সময় সময় যুদ্ধে বিষাক্ত গ্যাস হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

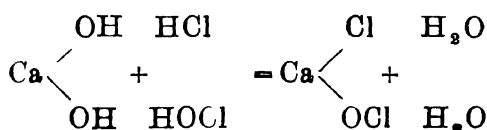
(ঘ) ব্লিচিং পাউডার (Bleaching Powder)

সংকেত $Ca(OCl)Cl$

ব্লিচিং পাউডার বা বিরঞ্জক চূর্ণ বিরঞ্জক হিসাবে এবং সংক্রামক ব্যাধির জীবাণুনাশক হিসাবে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয় এব সেই কারণে ইহার পণ্য উৎপাদন প্রত্যেক দেশের শিল্পজগতে একটি বিশেষ স্থান পাইয়া থাকে।

শুষ্ক কলিচুনের উপর ক্লোরিণের বিক্রিয়া দ্বারা ব্লিচি পাউডার তৈয়ারী করা হয়। এই বিক্রিয়ায় তাপ উদ্ভূত হয়, উষ্ণতা বৃদ্ধি পায় এবং তাহাতে বিক্রিয়া পুরাপুরি ঘটিতে পারে না। তাই বিক্রিয়ার সময় উষ্ণতা যাহাতে 40 সেন্টিগ্রেডের উপর না যায় তাহার ব্যবস্থা করা হয়।

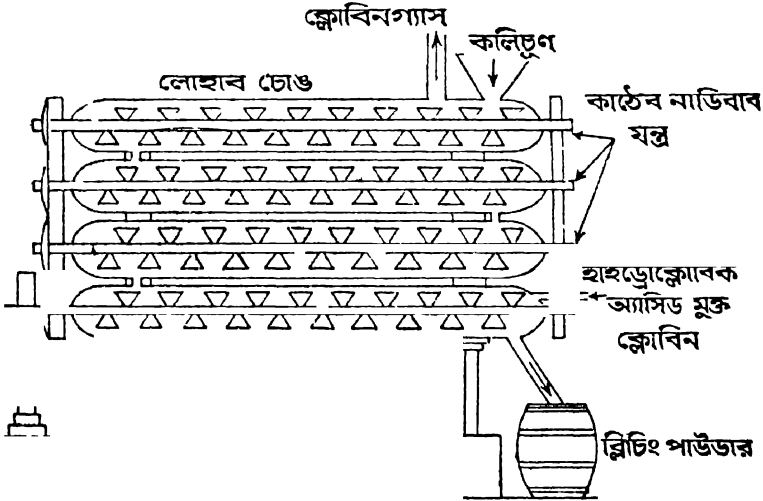
$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$$

ব্লিচি পাউডারের রাসায়নিক নাম হইল ক্যালসিয়াম ক্লোরোহাইপোক্লোরাইট। ইহাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের (HOCl) যুগ্ম লবণ বলা যাইতে পারে।

$$Ca\begin{cases}OH \\ OH\end{cases} + \begin{matrix}HCl \\ HOCl\end{matrix} = Ca\begin{cases}Cl \\ OCl\end{cases} + \begin{matrix}H_2O \\ H_2O\end{matrix}$$

পণ্য-উৎপাদন (1) গাঢ় ক্লোরিণ (ওয়েলডন পদ্ধতিতে বা তড়িৎ-বিশ্লেষণে প্রাপ্ত) হইতে একসারি সীসা (লেড) নির্মিত এবং সিমেন্টের মেঝেযুক্ত বায়ুনিরুদ্ধ প্রকোষ্ঠে প্রায় 4 ইঞ্চি গভীর স্তরে প্রায় শুষ্ক (আর্দ্রতার পরিমাণ শতকরা 4 ভাগের বেশী হইতে পারিবে না) কলিচুন রাখা হয়। সিমেন্টের মেঝের ভিতর কয়েকটি নল থাকে এবং নলের ভিতর দিয়া শীতল ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ প্রবাহিত করিয়া কলিচুনের উষ্ণতা 40 সেন্টিগ্রেডের ভিতর রাখা হয়। কলিচুনকে মাঝে মাঝে নাড়িয়া দিবার জন্য কাঠের হাতা (stirrer) চুনের সহিত সংযুক্ত করিয়া রাখা হয়। বিক্রিয়ার শেষের দিকে অবশিষ্ট ক্লোরিণ গ্যাস শোষণ করিবার জন্য ইলেকট্রিক পাখা দ্বারা কলিচুনের গুড়া ধূলার মত প্রকোষ্ঠের ভিতর ছিটাইয়া দিবার ব্যবস্থা থাকে। প্রকোষ্ঠের দরজা কাচের তৈয়ারী তাহাতে ভিতরের সমস্ত ক্লোরিণ শোষিত হইল কিনা তাহা বাহির হইতে দেখিয়া বুঝা যায়। ক্রিয়াশেষে যাহাতে ব্লিচি পাউডার বাহির করিতে পারা যায় তাহার জন্য মেঝেতে একস্থানে একটি গর্ত রাখিয়া তাহা কাঠ দিয়া বন্ধ করা থাকে এবং সেই কাঠ সরাইবার ব্যবস্থা থাকে।

প্রথমে কলিচুনের স্তরকে আচড়াইয়া (furrowed) ক্লোরিণ সমভাবে শোষিত হইবার ব্যবস্থা করিয়া দেওয়া হয় তাহার পর প্রকোষ্ঠের উপরে অবস্থিত একটি প্রবেশ নলের সাহায্যে প্রকোষ্ঠের ভিতরে শুষ্ক ক্লোরিণ গ্যাস (হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস এবং কার্বন ডাই অক্সাইড হইতে মুক্ত) চালিত করা হয়। মাঝে

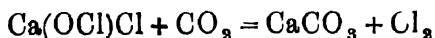
মাঝে কাঠের হাতা দ্বারা কলিচুনকে নাড়িয়া দেওয়া হয়। ক্লোরিণ কলিচুন দ্বারা শোষিত হয় এব ধীরে ধীরে ব্লিচি পাউডার উৎপন্ন হয়। কাচের দরজা এবং জানালার ভিতর দিয়া ক্লোরিণ গ্যাসের বর্ণ দেখিয়া বুঝা যায় যে ক্লোরিণ গ্যাস আর শোষিত হইতেছে না। প্রায় 40 ঘণ্টায় বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয়। তাহার পর ইলেকট্রিক পাখার সাহায্যে কলিচুনের গুড়া সামান্য পরিমাণে প্রকোষ্ঠের ভিতর ছড়াইয়া দেওয়া হয়। ক্রিয়াশেষে প্রকোষ্ঠের দরজা খুলিয়া কোদাল দিয়া পাউডারকে মেঝের কাঠ সরাইয়া যে ছিদ্র হয় তাহার ভিতর দিয়া পিপেতে ভর্তি করা হয় এব পিপে ভর্তি হইলে পিপের মুখ বন্ধ করিয়া বাজারে বিক্রয়ের জন্য পাঠানো হয়।

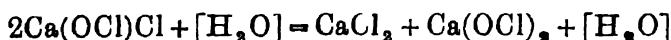
(11) অতি পাতলা ক্লোরিণ (ডিকন পদ্ধতিতে উৎপন্ন) হইতে হ্যাসেনক্লেভারের উদ্ভাবিত যন্ত্রের সাহায্যে অত্যন্ত পাতলা ক্লোরিণ গ্যাস ব্যবহার করিয়াও ভাল ব্লিচি পাউডার প্রস্তুত করা সম্ভব হইযাছে। ইহাতে কয়েকটি ঢালাই লোহার তৈয়ারী প্রশস্ত নল বা সিলিণ্ডার পরপর একটির উপর আর একটি

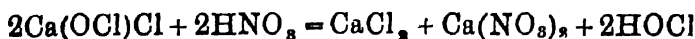
চিত্র নং 47

অনুভূমিকভাবে রাখা হয়। উহাদের প্রত্যেকটি একটি করিয়া ধীরে ধীরে ঘূর্ণায়মান "স্ক্রুর" সহিত যুক্ত থাকে এবং ঐ স্ক্রুর সহিত দীর্ঘ আলোড়ক লাগানো থাকে। সকলের উপরের সিলিণ্ডারে একটি বড় ফাঁদের চোঙের মধ্য দিয়া শুষ্ক

কলিচুন দেওয়া হয় এব স্ক্রু ঘুরাইয়া আলোড়ক ঘোরানো হয়। আলোড়কের ঘূর্ণনের দ্বারা কলিচুন সিলিণ্ডারের এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্তে যায় এবং শেষ প্রান্ত হইতে নির্গমপথে দ্বিতীয় সিলিণ্ডারে পতিত হয়। এইভাবে কলিচুন সমস্ত কয়টি সিলিণ্ডার অতিক্রম করে। সর্বনিম্ন সিলিণ্ডারের ভিতর শেষ প্রান্ত দিয়া পাতলা ক্লোরিণ গ্যাস প্রবেশ করানো হয়। উপরের দিক হইতে কলিচুন নীচে নামিয়া আসে এব নীচে হইতে ক্লোরিণ গ্যাস উপরে উঠে। বিপরীতমুখী স্রোতের নীতিতে (Counter current Principle) কলিচুন ও ক্লোরিণ নিবিড় স স্পর্শে আসে এব ব্লিচি পাউডার উৎপন্ন হয়। সর্বনিম্ন সিলিণ্ডার হইতে ব্লিচি পাউডার একেবারে পিপেতে ভর্তি করা হয়। সিলিণ্ডারের বাহির দিয়া শীতল জলস্রোত প্রবাহিত করিয়া উষ্ণতা নিয়ন্ত্রণ করা হয়।

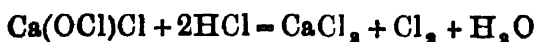
ব্লিচি পাউডারের ধর্ম ব্লিচি পাউডার একটি অনিয়তাকার সাদা গুড়া পদার্থরূপে পাওয়া যায়। ইহা হইতে ক্লোরিণের তীব্র গন্ধ পাওয়া যায়। ইহা উদ্‌গ্রাহী নহে। বায়ুর স স্পর্শে আসিলে বায়ুর কার্বন ডাই অক্সাইড দ্বারা ইহা বিশ্লিষ্ট হয় এব সেই কারণেই ক্লোরিণের গন্ধ পাওয়া যায়।

$$Ca(OCl)Cl + CO_2 = CaCO_3 + Cl_2$$

ইহা জলে সামান্য পরিমাণে দ্রবীভূত হয় এব জলের দ্রবণে ইহা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইটের মিশ্রণে পরিণত হয়।

$$2Ca(OCl)Cl + [H_2O] = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + [H_2O]$$

অতি পাতলা খনিজ অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়ার ফলে ব্লিচি পাউডার হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড দেয় শতকরা 5 ভাগযুক্ত নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবণের সহিত পাতনক্রিয়া দ্বারা ইহা হইতে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়।

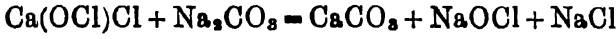
$$2Ca(OCl)Cl + 2HNO_3 = CaCl_2 + Ca(NO_3)_2 + 2HOCl$$

অতি ক্ষীণ অ্যাসিডের ক্রিয়াতেও ব্লিচি পাউডার হইতে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সাধারণভাবে তৈয়ারী পাতলা অ্যাসিডের ক্রিয়ায় ক্লোরিণ নির্গত হয়।

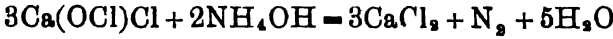
$$Ca(OCl)Cl + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + Cl_2$$

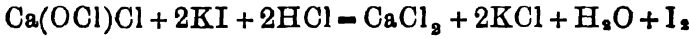
$$Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + Cl_2 + H_2O$$

এইভাবে ক্লোরিণ উৎপন্ন হয় বলিয়াই ব্লিচি পাউডার বিরঞ্জক হিসাবে ক্রিয়া করে।

ব্লিচিং পাউডারের জলের মিশ্রণের সহিত সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করিলে

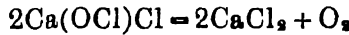
রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট দ্রবণে উৎপন্ন হয়।

$$Ca(OCl)Cl + Na_2CO_3 = CaCO_3 + NaOCl + NaCl$$

ব্লিচিং পাউডারের গুঁড়ার উপর গাঢ় অ্যামোনিয়ার দ্রবণ যোগ করিলে নাইট্রোজেন গ্যাস উদ্ভূত হয়।

$$3Ca(OCl)Cl + 2NH_4OH = 3CaCl_2 + N_2 + 5H_2O$$

অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ইহা পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিনকে মুক্ত করে। ইহা ব্লিচিং পাউডারের জারণ ক্ষমতার পরিচায়ক।

$$Ca(OCl)Cl + 2KI + 2HCl = CaCl_2 + 2KCl + H_2O + I_2$$

কোবাল্টের যৌগসমূহের উপস্থিতিতে ব্লিচিং পাউডার বিশ্লিষ্ট হয় এবং অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

প্রথমে ব্লিচিং পাউডারে যে সামান্য কলিচুন মিশ্রিত থাকে তাহার সহিত বিক্রিয়ায় কোবাল্টাস অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই কোবাল্ট অক্সাইড অনুঘটক হিসাবে ক্রিয়া করিয়া ব্লিচিং পাউডার হইতে অক্সিজেন উৎপাদন করে।

$$2Ca(OCl)Cl = 2CaCl_2 + O_2$$

প্রাপ্য ক্লোরিণ (Available chlorine) শুষ্ক এক গ্রাম আণবিক ওজনের (গ্রামে প্রকাশিত ব্লিচিং পাউডারের কার্যকরী অংশের অর্থাৎ Ca(OCl)Clএর আণবিক ওজন হইল 127 গ্রাম) ব্লিচিং পাউডারের সহিত পাতলা অম্লের ক্রিয়ায় যে পরিমাণ ক্লোরিণ পাওয়া যায় তাহাকে প্রাপ্য ক্লোরিণ বলে। ব্লিচিং পাউডারে সাধারণত শতকরা 35 4 ভাগ প্রাপ্য ক্লোরিণ থাকে।

ব্লিচিং পাউডারের ব্যবহার ব্লিচিং পাউডার বীজাণুনাশক হিসাবে জলের বীজাণু নাশ করিতে তুলা ও বস্ত্রশিল্পে এবং কাগজের মণ্ড প্রস্তুতে বিরঞ্জক হিসাবে ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করিতে এবং সাধারণ বীজাণুনাশক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

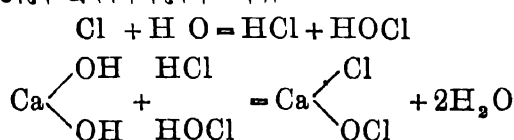
বিরঞ্জন প্রণালী (Process of bleaching): প্রথমে কাপড়ে যে তৈলাক্ত (greasy) পদার্থ লাগিয়া থাকে তাহা অপসারণের জন্য কাপড়কে পাতলা কষ্টিক সোডার দ্রবণে ফুটাইয়া জলে ধৌত করিয়া লওয়া হয়। তাহার পর ধৌত কাপড়কে ব্লিচিং পাউডারের ঠাণ্ডা পাতলা দ্রবণে ভিজাইয়া লইয়া উহাকে অত্যন্ত পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডে ডুবাইতে হয়। ইহাতে ক্লোরিণ উৎপন্ন হয় এবং এই উৎপন্ন ক্লোরিণ কাপড়কে রং মুক্ত করে। বিরঞ্জিত কাপড়

হইতে অ্যাসিড দূরীভূত করিবার জন্ম কাপড়কে প্রথমে জলে পরে সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণ দ্বারা এব ক্লোরিণ মুক্ত করিবার জন্য সর্বশেষে সোডিয়াম সলফাইট বা থায়োসলফেটের দ্রবণ দ্বাবা ধৌত কবা হয়। পরে বিরঞ্জিত এব ক্লোরিণ মুক্ত কাপড় জলে ধৌত করিয়া শুকাইয়া লওয়া হয়।

ব্লিচিং পাউডারের সংকেত ব্লিচি পাউডাব বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। সর্বদাই উহাব সহিত কিছু কলিচুন এব জল মিশ্রিত থাকে। সেইজন্য ইহার স কেত সুনির্দিষ্টভাবে নির্ণয় করা শক্ত। ভিন্ন ভিন্ন সময়ে বিভিন্ন বৈজ্ঞানিক ইহাব জন্য ভিন্ন ভিন্ন স কেত প্রস্তাব কবিয়াছেন তন্মধ্যে ওড লি (Odling)এর স কেত গ্রহণযোগ্য হওয়ায় তাহাই প্রচলিত আছে।

ওড লি এব মতে ইহার স কেত হইল Ca(OCl)Cl এব ইহার বাসায়নিক নাম হইল ক্যালসিয়াম ক্লোরোহাইপোক্লোবাইট। এই স কেত ইহাব ক্লোবিণ হইতে উৎপাদন ভালভাবে প্রকাশ কবে। যথা

$$Cl + H\ O = HCl + HOCl$$

$$Ca\begin{cases}OH\\OH\end{cases} + \begin{matrix}HCl\\HOCl\end{matrix} = Ca\begin{cases}Cl\\OCl\end{cases} + 2H_2O$$

এই স কেতে ব্লিচি পাউডাবে ক্যালসিয়াম ক্লোবাইডেব অস্তিত্ব দেখায না। কঠিন ব্লিচি পাউডারে ক্যালসিয়াম ক্লোবাইড নাই কারণ ব্লিচি পাউডার উদ্‌গ্রাহী নয় এব অ্যালকোহলে ব্লিচি পাউডার হইতে কোন ক্যালসিয়াম ক্লোবাইড দ্রাবিত হইয়া আসে না। ব্লিচি পাউডার জলে যোগ কবিলে উহা ভাঙ্গিয়া গিয়া ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

ব্লিচি পাউডারের এই স কেত উহা হইতে প্রাপ্য ক্লোরিণের পরিমাণের সহিত সঙ্গতি রক্ষা করে।

উপরন্তু ব্লিচি পাউডারের সকল প্রকার বিক্রিয়া ইহার এই স কেত দ্বারা ভালভাবে ব্যাখ্যা করা যায়।

যদিও ব্লিচিং পাউডারের কার্যকরী পদার্থের স কেত Ca(OCl)Cl, কিন্তু সাধারণ ভাবে প্রস্তুত ব্লিচি পাউডারের স কেত ঠিকমত হইল $3Ca(OCl)Cl,\ Ca(OH)_2,\ 5H_2O$, কারণ ভালভাবে প্রস্তুত ব্লিচিং পাউডারেও কিছু কলিচুন এবং সংযুক্ত জল থাকে। ব্লিচিং পাউডারেব বিক্রিয়ার সময় কেবল Ca(OCl)Cl অংশটুকু কাজে আসে।

Questions

1 Where and in which state sodium chloride is available in nature? What are the impurities present in commercial sodium chloride? How can pure sodium chloride be prepared? State what you know about the uses of sodium chloride

১। প্রকৃতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড কিভাবে এবং কোথায় পাওয়া যায়? বাজারে যে লবণ পাওয়া যায় তাহাতে কি কি অশুদ্ধি থাকে? বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড কিভাবে প্রস্তুত করা যায়? সোডিয়াম ক্লোরাইডের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

2 How can hydrogen chloride be prepared in the laboratory? What is the procedure followed in order to prepare an aqueous solution of hydrochloric acid? Describe properties of hydrogen chloride in the form of experiments

২। পরীক্ষাগারে কিভাবে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়? হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কি উপায় অবলম্বন করা হয়? হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধর্মগুলি পরীক্ষামূলকভাবে বর্ণনা কর।

3 How is hydrochloric acid manufactured? State what you know about the uses of hydrochloric acid Describe with equations the reactions of hydrochloric acid with the following substances — zinc sulphide mercuric oxide manganese dioxide ferric oxide magnesium caustic soda and calcium carbonate

৩। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন কিভাবে সাধিত হয়? হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের রাসায়নিক বিক্রিয়া সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর —জিঙ্ক সলফাইড মারকিউরিক অক্সাইড ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড ফেরিক অক্সাইড ম্যাগনেসিয়াম কষ্টিক সোডা এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট।

4 Describe fully how the volumetric composition of hydrogen chloride can be determined

৪। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনিক সংযুতি কিভাবে নির্ধারিত করা যায় তাহা পূর্ণভাবে বর্ণনা কর।

5 Describe by experiments the methods of preparation of chlorides State which of the chlorides are insoluble in cold water Which of them is soluble in hot water? How can you prove the presence of chloride ion in solution?

৫। পরীক্ষামূলকভাবে ক্লোরাইড প্রস্তুত করিবার প্রণালী বর্ণনা কর। কোন্ কোন্

ক্লোরাইড ঠাণ্ডা জলে অদ্রাব্য তাহা উল্লেখ কর। তাহাদের মধ্যে কোন্‌টি গরম জলে দ্রাব্য? দ্রবণে ক্লোরাইডের উপস্থিতি কিভাবে প্রমাণ করা হয়?

6 Describe with equations the action of six oxidising agents on hydrochloric acid

৬। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপর ছয়টি জারকের ক্রিয়া সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর।

7 Describe how hydrochloric acid can be oxidised to yield chlo rine in the laboratory Express the reaction by equation Describe the chemical reactions that occur when chlorine gas is passed through the aqueous solutions of the following substances and express them by equations —(*a*) hydrogen sulphide (*b*) sulphur dioxide (*c*) caustic soda and (*d*) milk of lime

৭। পরীক্ষাগারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া কিভাবে ক্লোরিণ প্রস্তুত করা হয় তাহা বর্ণনা কর। বিক্রিয়াটি সমীকরণ দ্বারা দেখাও। নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়া ক্লোরিণ গ্যাস অতিক্রম করাইলে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয় তাহা বর্ণনা কর এবং সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ কর —(ক) হাইড্রোজেন সলফাইড (খ) সলফার ডাই অক্সাইড (গ) কষ্টিক সোডা এবং (ঘ) চুনগোলা।

8 Explain with equations the reactions that occur during the manufacture of chlorine by Weldon s and by Deacon s process

৮। ওয়েলডন ও ডিকন পদ্ধতিতে ক্লোরিণের পণ্য উৎপাদনের সময় যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে তাহা সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর।

9 Describe the present day electrolytic method for the manu facture of chlorine Describe the reactions of chlorine with ammonia solution and with water Give equations

৯। ক্লোরিণের পণ্য উৎপাদনের বর্তমান তড়িৎ বিশ্লেষণী পদ্ধতি বর্ণনা কর। অ্যামোনিয়ার দ্রবণের সহিত এবং জলের সহিত ক্লোরিণের বিক্রিয়াগুলি বর্ণনা কর এবং সমীকরণ দ্বারা দেখাইয়া দাও।

10 Describe the method of manufacture of bleaching powder State its uses How is a piece of fabric bleached with bleaching powder ?

১০। ব্লিচিং পাউডারের পণ্য উৎপাদন প্রণালী বর্ণনা কর। ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর। বস্ত্রের বিরঞ্জন ব্লিচিং পাউডার দ্বারা কিভাবে সাধিত হয়?

11 How can (*a*) chlorine (*b*) oxygen be obtained from bleaching powder ? What is meant by available chlorine of bleaching powder ?

Mention the chemical name of bleaching powder and show its mode of formation from chlorine

১১। ব্লিচিং পাউডার হইতে কিভাবে (ক) ক্লোরিণ (খ) অক্সিজেন পাওয়া যায়? ব্লিচিং পাউডারের প্রাপ্য ক্লোরিণ বলিতে কি বুঝায়? ব্লিচিং পাউডারের রাসায়নিক নাম উল্লেখ কর এবং ক্লোরিণ হইতে উহার গঠন সমীকরণ দ্বারা দেখাইয়া দাও।

12 Give a comparative study of hydrochloric acid and of a mixture of hydrogen and chlorine in equal volumes

১২। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণের সমায়তনিক মিশ্রণের একটি তুলনামূলক আলোচনা দাও।

13 Describe in brief how chlorine is prepared from concentrated hydrochloric acid

State the important physical and chemical properties of chlorine

(Higher Secondary West Bengal Science Group 1960)

১৩। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে ক্লোরিণ প্রস্তুতের পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

ক্লোরিণের প্রধান প্রধান ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মগুলি বর্ণনা কর।

(উচ্চ মাধ্যমিক পর্ষৎ বিজ্ঞান শাখা ১৯৬০)

14 Describe one process for the manufacture of chlorine State giving equations the action of chlorine on (*a*) ammonia ; (*b*) moist slaked lime (*c*) potassium iodide ; (*d*) antimony powder or sodium

(Higher Secondary West Bengal 1963)

১৪। ক্লোরিণের একটি পণ্য উৎপাদন প্রণালী বর্ণনা কর। সমীকরণসহ ক্লোরিণের (ক) অ্যামোনিয়া (খ) আর্দ্র কলিচুন (গ) পটাসিয়াম আয়োডাইড এবং (ঘ) অ্যান্টিমণি চূর্ণ অথবা সোডিয়াম এই কয়টির সহিত বিক্রিয়া বর্ণনা কর।

15 Describe how hydrochloric acid is manufactured from sodium chloride What is its action on (*a*) ferrous oxide (*b*) manganese dioxide (*c*) silver nitrate solution (*d*) saturated solution of common salt ?

(Higher Secondary West Bengal 1964)

১৯। সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে কিভাবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন সংঘটিত হয়? এই অ্যাসিডের (ক) ফেরাস অক্সাইড (খ) ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড, (গ) সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ এবং (ঘ) সোডিয়াম ক্লোরাইডের সংপৃক্ত দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া বর্ণনা কর।

ষড়বিংশ অধ্যায়

হ্যালোজেন গোষ্ঠী (Halogens)

ফ্লুয়োরিণ, ক্লোরিণ, ব্রোমিন এবং আয়োডিন

ফ্লুয়োরিণ, ক্লোরিণ ব্রোমিন এব আয়োডিন—এই চারিটি মৌলকে **হ্যালোজেন** পরিবারের অন্তর্ভুক্ত বলা হয়। হ্যালোজেন কথার অর্থ হইল সামুদ্রিক লবণ উৎপাদক' (sea salt producer Hals = sea salt genas = I produce)। সামুদ্রিক লবণের ভিতর প্রধান হইল সাধারণ লবণ (NaCl)। ইহা ক্লোরিণের যৌগ। অতএব ক্লোরিণ একটি হ্যালোজেন। ফ্লুয়োরিণ ব্রোমিন এব আয়োডিন এই তিনটি মৌলের ধর্ম এব প্রকৃতি ক্লোরিণের অনুরূপ। ইহারা সোডিয়ামের সহিত যে সকল যৌগ উৎপন্ন করে তাহা সোডিয়াম ক্লোরাইড এর মত ধর্ম বিশিষ্ট। আবার ব্রোমাইড এব আয়োডাইড লবণগুলিও সমুদ্রে পাওয়া যায়। সুতরা, এই চারিটি মৌলকে একই পরিবারভুক্ত বলিয়া মনে করা যায় এব ইহারা হ্যালোজেন নামে অভিহিত হয়। ক্লোরিণের সম্বন্ধে আলোচনা পূর্বেই করা হইয়াছে। অন্য তিনটি মৌলের বিষয় এইবার আলোচিত হইবে।

এই মৌলগুলির এব ইহাদের যৌগগুলির ভৌত ও রাসায়নিক গুণাবলীর মধ্যে যথেষ্ট সাদৃশ্য দেখা যায়। ইহাদের পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সহিত ইহাদের রাসায়নিক ক্রিয়াশীলতা হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। এই মৌলগুলির প্রত্যেকের সম্বন্ধে কিছু আলোচনার শেষে উহাদের তুলনামূলক আলোচনা দেওয়া হইল।

(ক) ফ্লুয়োরিণ (Fluorine)

আণবিক সংকেত—F_2, পারমাণবিক ওজন—19 বাষ্পীয় ঘনত্ব—19, যোজ্যতা—1।

অবস্থান ফ্লুয়োরিণ অত্যধিক ক্রিয়াশীল মৌল এবং প্রায় সকল পদার্থের সহিত ইহার বিক্রিয়া সহজেই সংঘটিত হয়। সেই কারণে ইহাকে মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে আদৌ পাওয়া যায় না। ইহার বিভিন্ন যৌগ প্রকৃতিতে দেখিতে পাওয়া যায় তন্মধ্যে তিনটি বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

(1) ফ্লুওরস্পার (Fluorspar) CaF_2

(2) ফ্লুয়োর অ্যাপাটাইট (Fluor Apatite) $CaF_2 \cdot 3Ca_3(PO_4)_2$

(3) ক্রায়োলাইট (Cryolite) $AlF_3 \cdot 3NaF$

সামান্য পরিমাণ ফ্লুয়োরিণের যৌগ জীবজন্তুর হাড়ে এবং দাঁতে শামুকের খোলায় এবং খনিজ জলে থাকে।

ফ্লুয়োরিণ-প্রস্তুতি ফ্লুয়োরিণ অনেকদিন ধরিয়া অনাবিষ্কৃত ছিল এবং যৌগ হইতে ইহার নিষ্কাশন দুঃসাধ্য বলিয়া বিবেচিত হইত। যদিও 1771 খ্রীষ্টাব্দে সিলে (Scheele) প্রথমে ফ্লুয়োরস্পার এবং গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ ফুটাইয়া হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড উৎপাদন করেন এবং যদিও 1813 খ্রীষ্টাব্দে ডেভি (Davy) প্রমাণ করেন যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মত হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডও হাইড্রোজেন ও একটি অজ্ঞাত মৌল ফ্লুয়োরিণের যৌগ কিন্তু 1886 খ্রীষ্টাব্দের পূর্বে কেহই ফ্লুয়োরিণ প্রস্তুত করিতে সমর্থ হন নাই। ডেভি হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা ফ্লুয়োরিণ প্রস্তুত করিতে চেষ্টা করেন কিন্তু তাহাতে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উদ্ভূত হয় এবং অ্যানোডে অক্সিজেন পাওয়া যায়। কোন ফ্লুয়োরিণ পাওয়া যায় না।

এতদিন ধরিয়া ফ্লুয়োরিণ প্রস্তুত করিতে না পারার কারণ হিসাবে বলা যাইতে পারে যে (1) ফ্লুয়োরিণের অত্যন্ত ক্রিয়াশীলতা (2) কাচ, প্লাটিনাম অথবা গ্র্যাফাইটের (কার্বন) পাত্রকেও ইহার নষ্ট করিয়া দিবার ক্ষমতা, (3) অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের তড়িৎপরিবহনে অক্ষমতা এবং (4) হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড গ্যাসের অতিশয় বিষাক্ত প্রতিক্রিয়া।

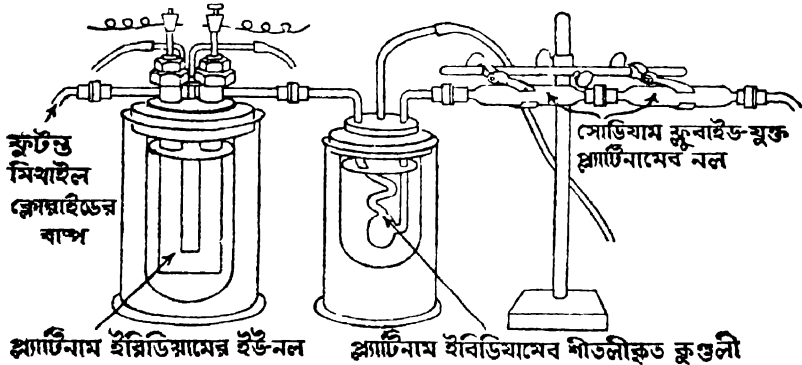
ময়সাঁ (Moissan) এই সমস্ত বাধা নিম্নলিখিত উপায়ে অপসারিত করিয়া ফ্লুয়োরিণ প্রস্তুত করিতে সমর্থ হন। গোর (Gore) 1882 খ্রীষ্টাব্দে দেখান যে অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডে পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড (KHF_2 ফ্রেমির লবণ) দ্রবীভূত করিলে দ্রবণটি তড়িৎ পরিবাহী হয়। ময়সাঁ গোরের এই আবিষ্কারের সুযোগ গ্রহণ করেন। প্লাটিনাম ইরিডিয়াম সঙ্কর ধাতু দিয়া পাত্র নির্মাণ করিয়া এবং উক্ত সঙ্কর ধাতুর নির্মিত তড়িৎ দ্বার ব্যবহার করিয়া তিনি পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইডের অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডে দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা সর্বপ্রথম ফ্লুয়োরিণ প্রস্তুত করেন।

ময়সাঁ পদ্ধতি ময়সা প্লাটিনাম ইরিডিয়াম সঙ্কর ধাতুর তৈয়ারী একটি U নল লইয়া তাহার দুইটি মুখ ফ্লুয়োরস্পার নির্মিত ছিপি দিয়া বন্ধ করেন। এই ছিপি দুইটির ভিতর দিয়া সেই একই সঙ্কর ধাতুর দুইটি তড়িৎ দ্বার প্রবেশ করাইয়া দেন। তড়িৎ দ্বার দুইটির নীচের দিকে অনেকটা স যুক্ত ছবিতে দেখান মত চ্যাপ্টা করা ছিল। U নলটির দুইদিকে দুইটি সরু নির্গম নল লাগানো ছিল ঐ নির্গম নল দ্বারা উৎপন্ন গ্যাস বাহির হয়। তড়িৎ দ্বার স যুক্ত করার পর ফ্লুয়োরস্পারের ছিপির মুখ গালা দিয়া ভালভাবে বন্ধ

চিত্র ন 48

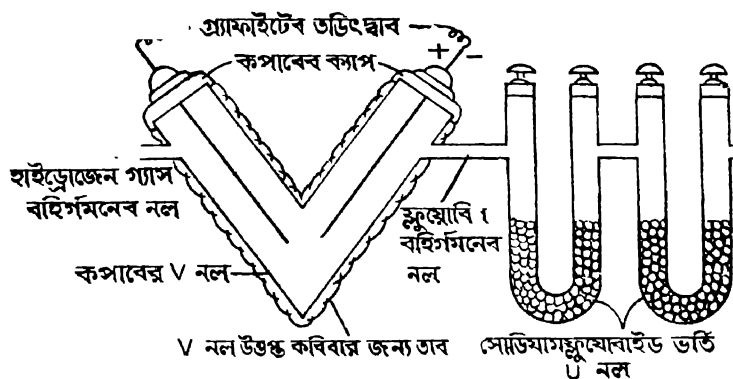
করিয়া দেওয়া হয় যাহাতে কোনরূপ ছিদ্র না থাকে U নলের দুই তৃতীয়া শ অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডে পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইডের দ্রবণ ভর্তি করা হয়

পরে একটি বড় পাত্রে দ্রবণসহ U নলটি তরল এব ফুটন্ত মিথাইল ক্লোরাইডে

প্ল্যাটিনাম ইরিডিয়ামের তড়িৎ দ্বার
ফুটন্ত মিথাইল ক্লোরাইডের বাষ্প
সোডিয়াম ফ্লুরাইড-যুক্ত প্ল্যাটিনামের নল
প্ল্যাটিনাম ইরিডিয়ামের ইউ-নল
প্ল্যাটিনাম ইরিডিয়ামের শীতলীকৃত কুণ্ডলী

চিত্র ন 49

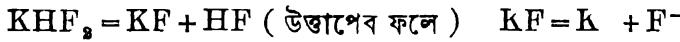
স্ফুটনাঙ্ক—23 সেন্টিগ্রেড) ডুবাইয়া রাখা হয় এবং তড়িত্ব দ্বার দুইটি একটি ব্যাটারীর সহিত সংযুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। তখনই তড়িৎ বিশ্লেষণ আরম্ভ হয় এব অ্যানোডে (ধনাত্মক তড়িৎ দ্বারে) ফ্লুয়োরিণ গ্যাস উৎপন্ন হইয়া সেই পার্শ্বের

নির্গমনল দিয়া বাহির হইয়া আসে এব ঋণাত্মক তড়িৎ দ্বারে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইয়া তৎপার্শ্বের নির্গমনল দিয়া বাহির হয়। উৎপন্ন এব বহিরাগত ফ্লুয়োরিণের সহিত হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের বাষ্প মিশিয়া থাকে। সেই কারণে গ্যাসটিকে ফুটন্ত মিথাইল ক্লোরাইডের ভিতর বসান একটি প্লাটিনামের তৈয়ারী শীতক নল দিয়া অতিক্রম করান হয়। ইহাতে অধিকা শ হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড বাষ্প তরলাকারে রূপান্তরিত হইয়া ঐ শীতক নলে থাকিয়া যায়। পরে গ্যাসটিকে শুষ্ক সোডিয়াম ফ্লুয়োরাইডপূর্ণ দুইটি প্লাটিনামের নলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া সম্পূর্ণভাবে হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড হইতে মুক্ত করা হয়। তখন বিশুদ্ধ ফ্লুয়োরিণ পাওয়া যায় এব ইহাকে বায়ুর উর্ধ্ব অপভ্র শ দ্বারা প্লাটিনামের পাত্রে স গ্রহ করা হয়।

পরে ময়সা দেখান যে দামী প্লাটিনামের পরিবর্তে কপারেব তৈয়াবী U নল ব্যবহার করা যাইতে পাবে। ইহাতে প্রথমে কপার ও উৎপন্ন ফ্লুয়োরিণ গ্যাসের বিক্রিয়ার ফলে কপাব ফ্লুয়োরাইড উৎপন্ন হয় বটে কিন্তু নলের ভিতর ইহার আস্তরণ পড়িয়া যায় এব পরে আর কোন বিক্রিয়া হয় না।

চিত্র ন 50

বর্তমানে ময়সা পদ্ধতির আমূল পরিবর্তন সাধিত হইয়াছে। V আকৃতির কপারের নির্মিত নলে পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড লওয়া হয়। নলের মুখ দুইটিতে কপারের ঢাকনি লাগানো থাকে। ইহাদের মধ্য দিয়া দুইটি গ্রাফাইট নির্মিত তড়িৎ দ্বার প্রবেশ করান হয়। জোড়ের মুখ সিমেণ্ট দিয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। V নলটির চারিদিকে তড়িৎ পরিবাহক তার দিয়া মুড়িয়া দেওয়া হয় এবং তাহাতে

তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিয়া V নলটিকে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড গলিয়া যায় (গলনাঙ্ক 217 সেন্টিগ্রেড)। গ্র্যাফাইটের তড়িৎ দ্বার দুইটি ব্যাটারীর সহিত স যুক্ত করিয়া তড়িৎ প্রবাহ গলিত KHF_2 এর ভিতর দিয়া চালনা করিলে উহা তড়িৎ বিশ্লিষ্ট হয় এবং অ্যানোডে (ধনাত্মক তড়িৎ দ্বারে) ফ্লুয়োরিণ উৎপন্ন হয়। এই ফ্লুয়োরিণ গ্যাস অ্যানোডের পার্শ্ববর্তী নির্গমনল দিয়া বাহির হইয়া আসে এবং কয়েকটি শুষ্ক সোডিয়াম ফ্লুয়োরাইড পূর্ণ কপারের U নল অতিক্রম করে। এইভাবে উৎপন্ন ফ্লুয়োরিণকে হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের বাষ্প হইতে মুক্ত করা হয়। পরে প্রয়োজনমত বায়ুর উর্ধ্বভ্র শ দ্বারা প্লাটিনামের পাত্রে উহা স গ্রহ করা হয়।

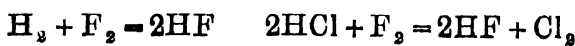
$KHF_2 = KF + HF$ (উত্তাপের ফলে) $KF = K \;\; + F^-$

ক্যাথোডে পটাসিয়াম উৎপন্ন হয় $K^+ + e = K$ এবং ইহার হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া ঘটে। $K + HF = KF + H \quad H + H = H_2$

অ্যানোডে ফ্লুয়োরিণ গ্যাস মুক্ত হয়। $F^- + F \; = 2e + F_2$

ফ্লুয়োরিণের ধর্ম ফ্লুয়োরিণ ঈষৎ সবুজ আভাযুক্ত হলুদবর্ণের গ্যাস। ইহার গন্ধ অতিশয় তীব্র এবং শ্বাসরোধকারী। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী। চাপ ও শীতলতায় ইহা প্রথমে −187 সেন্টিগ্রেডে তরল এবং পরে −223 সেন্টিগ্রেডে কঠিন পদার্থে পরিণত হয়।

ফ্লুয়োরিণ সর্বাপেক্ষা রাসায়নিকভাবে ক্রিয়াশীল পদার্থ। নাইট্রোজেন, অক্সিজেন হিলিয়াম এবং আরগন ব্যতীত সমস্ত মৌলের সহিত ইহা প্রত্যক্ষভাবে (directly) স যুক্ত হয়। পরোক্ষভাবে ইহা নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের সহিতও যুক্ত হয়।

হাইড্রোজেনের প্রতি ইহার আসক্তি খুব বেশী এমন কি অন্ধকারে এবং −253 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতাতেও ইহা হাইড্রোজেনের সহিত বিস্ফোরণ সহকারে যুক্ত হয়। ফ্লুয়োরিণের এই আসক্তির অত্যধিক প্রবণতার জন্য ইহা হাইড্রোজেনের যৌগ হইতে হাইড্রোজেনকে বিচ্ছিন্ন করিয়া হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে।

$$H_2 + F_2 = 2HF \qquad 2HCl + F_2 = 2HF + Cl_2$$

জলের সহিত সংস্পর্শে আসা মাত্র সাধারণ উষ্ণতায় ইহা দুইভাবে ক্রিয়া করে এবং ওজোন মিশ্রিত অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2 \qquad 3F_2 + 3H_2O = 6HF + O_3$$

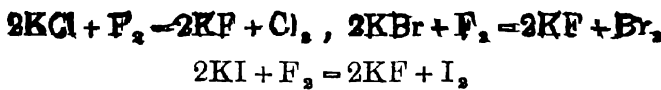
এই কারণে জলে ফ্লুয়োরিণের দ্রাব্যতা পরিমাপ করা যায় না। একই কারণে জলীয় বাষ্প যুক্ত বায়ুর স স্পর্শে আসিলে ইহা হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের ধোঁয়া উৎপন্ন করে। শুষ্ক বায়ুর সহিত ইহার কোন ক্রিয়া নাই।

ইহা সকল ধাতুর সহিতই ক্রিয়া করে এবং ধাতব ফ্লুয়োরাইড (fluoride) উৎপাদন করে। সোডিয়াম পটাসিয়াম প্রভৃতি ধাতু—সাধারণ উষ্ণতায় ফ্লুয়োরিণ গ্যাসে দিলে জ্বলিয়া উঠে এবং ফ্লুয়োরাইড গঠিত হয়। সিলভার অ্যালুমিনিয়াম নিকেল আয়রণ জিঙ্ক ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতু সামান্য উত্তপ্ত করিয়া ফ্লুয়োরিণ গ্যাসে ছাড়িয়া দিলে জ্বলিয়া উঠে এবং ফ্লুয়োরাইডে রূপান্তরিত হয়। গোল্ড প্লাটিনাম এবং কপার একটু বেশী উত্তপ্ত করিয়া ফ্লুয়োরিণ গ্যাসে যোগ করিলে ফ্লুয়োরাইড গঠিত হয়। সাধারণ উষ্ণতায় কপারের উপর কিউপ্রিক ফ্লুয়োরাইডের আস্তরণ পড়ে।

ব্রোমিন, আয়োডিন ফস্‌ফোরস সলফার সিলিকন কার্বন প্রভৃতি অধাতুও ফ্লুয়োরিণ গ্যাসে যোগ করিলে স্বতই জ্বলিয়া উঠে এবং তাহাদের নিজ নিজ ফ্লুয়োরাইডে পরিণত হয়। আর্সেনিক এবং অ্যান্টিমনিও ফ্লুয়োরিণ গ্যাসে জ্বলিয়া উঠিয়া ফ্লুয়োরাইডে রূপান্তরিত হয়।

ফ্লুয়োরিণ ক্লোরাইড ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড হইতে ক্লোরিণ ব্রোমিন এবং আয়োডিনকে মুক্ত করে।

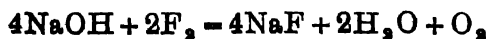
$$2KCl + F_2 = 2KF + Cl_2\ ,\ 2KBr + F_2 = 2KF + Br_2$$

$$2KI + F_2 = 2KF + I_2$$

সমস্ত জৈব পদার্থই ফ্লুয়োরিণ দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড কার্বন টেট্রাফ্লুয়োরাইড প্রভৃতি যৌগ পদার্থ উৎপন্ন হয়। তার্পিন তৈল যেমন ক্লোরিণে দিলে জ্বলিয়া উঠে সেইরূপ ফ্লুয়োরিণেও জ্বলিয়া উঠে।

পাতলা (2%) কষ্টিক সোডা বা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণের ভিতর দিয়া ফ্লুয়োরিণ গ্যাস প্রবাহিত করিলে ফ্লুয়োরিণ মনোক্সাইড (F_2O) উৎপন্ন হয়।

$$2NaOH + 2F_2 = 2NaF + H_2O + F_2O$$

কিন্তু গাঢ় কষ্টিক সোডার দ্রবণ ব্যবহার করিলে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়,

$$4NaOH + 2F_2 = 4NaF + 2H_2O + O_2$$

ইহা খুব শক্তিশালী জারক। ইহা সোডিয়াম কার্বনেটকে (Na_2CO_3) সোডিয়াম পার কার্বনেটে ($Na_2C_2O_6$) রূপান্তরিত করে এব পটাসিয়াম ক্লোরেটকে ($KClO_3$) পটাসিয়াম পার ক্লোরেটে ($KClO_4$) পরিবর্তিত করে।

হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড

(Hydrofluoric Acid)

সংকেত—HF আণবিক স কেত—H_2F_2 অথবা H_3F_3

ইহার লবণ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। ফ্লুয়োরস্পাব এব ক্রায়োলাইট এই সম্পর্কে উল্লেখযোগ্য।

প্রস্তুতি হাইড্রোজেন এব ফ্লুয়োরিণেব সাক্ষাৎ স যোগেই হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। $H_2 + F_2 = 2HF$

সাধাবণ উত্তাপে এব অন্ধকারে বিস্ফোরণসহকারে এই বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে।

হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইলে লেডনির্মিত বকযন্ত্রে ক্যালসিয়াম ফ্লুয়োরাইডের সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া বালি গাহের উপর রাখিয়া সামান্ত উত্তাপ প্রয়োগ করিয়া পাতিত করা হয় এব এইভাবে উদ্ভূত হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড গ্যাসকে লেড নির্মিত বোতলে জলের ভিতর চালনা করা হয়। $CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HF$ সাধারণ গাঢ় খনিজ অ্যাসিড দ্বারা কাচ আক্রান্ত হয় না। কিন্তু হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের দ্রবণ সহজেই কাচের পাত্র ক্ষয় করে। সেই কারণে লেডের তৈয়ারী বকযন্ত্রে ইহা তৈয়ারী হয় এব লেড নির্মিত বোতলে জলের ভিতর ইহাকে সংগ্রহ করা হয়। বাজারে পাঠাইবার সময় ইহার জলীয় দ্রবণ গ্যাটাপার্চার বোতলে বা ভিতরে মোমের প্রলেপ দেওয়া কাচের বোতলে রাখিয়া পাঠানো হয়।

বিশুদ্ধ অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিবার প্রণালী অন্যরূপ। পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড (KF HF) বা ফ্রেমির লবণ হইতে ইহা প্রস্তুত করা হয়। প্রথমে ফ্রেমির লবণ হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের জলের দ্রবণ হইতে নিম্নলিখিত উপায়ে তৈয়ারী করা হয়। একটি প্লাটিনামের পাত্রে হাইড্রো ফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের দ্রবণ লইয়া তাহাকে দুইটি প্লাটিনামের পাত্রে সমান দুইভাগে ভাগ করিয়া লওয়া হয়। তাহার একভাগকে পটাসিয়াম কার্বনেট যোগ করিয়া প্রশমিত করা হয়। এই প্রশমিত দ্রবণে দ্বিতীয় অর্ধেক হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের দ্রবণ যোগ করা হয়। পরে এই মিশ্রিত দ্রবণকে একটি প্লাটিনামের

ডিসে রাখিয়া উত্তাপ দ্বারা ঘন করা হয় এবং ঠাণ্ডা করিয়া কেলাসিত করা হয়। ফ্রেমির লবণ কেলাসিত হয়। এই ফ্রেমির লবণ সংগ্রহ করিয়া উত্তাপ দ্বারা ইহাকে সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক করা হয়। এই শুষ্ক পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড একটি প্লাটিনাম নির্মিত বকযন্ত্রে লওয়া হয়। এই বকযন্ত্রের সহিত একটি প্লাটিনাম নির্মিত শীতক (Platinum condenser) এবং প্লাটিনাম নির্মিত গ্রাহক (Platinum receiver) সংযুক্ত করা হয়। শীতকের ভিতর দিয়া বরফ যুক্ত জল চালনা করা হয় এবং গ্রাহকটিকে বরফ এবং লবণের মিশ্রণের ভিতর রাখিয়া ঠাণ্ডা করা হয়। পরে প্লাটিনামের বকযন্ত্র উত্তপ্ত করা হয়। উদ্ভূত হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড গ্যাস শীতকে তরল অবস্থায় আসে এবং পরে প্লাটিনাম নির্মিত গ্রাহকে তরল অবস্থায় সঞ্চিত হয়। অতি সামান্য মাত্র জল ইহার সহিত আসিলে ইহাকে সম্পূর্ণরূপে নিরুদক করিতে হইলে এই তরল অ্যাসিডের ভিতর দুইটি প্লাটিনামের তার ডুবাইয়া তার দুইটিকে ব্যাটারীর সহিত সংযুক্ত করা হয়। যতক্ষণ জল থাকে ততক্ষণ তড়িৎ প্রবাহ অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চলিতে থাকে এবং ক্যাথোডে হাইড্রোজেন গ্যাস ও অ্যানোডে অক্সিজেন গ্যাস বাহির হইতে থাকে। সমস্ত জল অপসারিত হইয়া অ্যাসিডটি একেবারে নিরুদক হইলে অ্যাসিডের ভিতর দিয়া আর তড়িৎ প্রবাহিত হইবে না। $KHF_2 = KF + HF$

হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইডের ধর্ম অনার্দ্র হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড সাধারণ উত্তাপে একটি বর্ণহীন গ্যাস। এই গ্যাসকে 19.5 সেন্টিগ্রেডের নিম্নে তরল অবস্থায় আনা যায়। এই তরলের স্ফুটনাঙ্ক 19.5 সেন্টিগ্রেড এবং তরলটি খুবই উদ্বায়ী। এই তরল অ্যাসিড আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে ধূমায়মান হয়। ইহা জলে দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড একটি মৃদু অম্ল। 88 সেন্টিগ্রেডে বাষ্পীয় ঘনত্ব পরিমাপ করিয়া দেখা যায় যে হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইডের আণবিক সংকেত HF কিন্তু স্ফুটনাঙ্কের কিছু উপরে বাষ্পীয় ঘনত্ব পরিমাপ করিলে দেখা যায় যে আণবিক সংকেত হয় H_2F_2

হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড অতিশয় বিষাক্ত এবং ইহা লইয়া কোন কাজ করা খুবই বিপজ্জনক। এক ফোঁটা অ্যাসিড যদি কোনক্রমে চর্মের সংস্পর্শে আসে তাহা হইলে গভীর ক্ষতের সৃষ্টি করে। এই অ্যাসিডের সামান্য মাত্র প্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলে কথা বলিবার ক্ষমতা একেবারে লোপ পায়।

অ্যাসিড হিসাবে ইহা অনেক ধাতুর সহিতই বিক্রিয়া করে। তরল অনার্দ্র অ্যাসিডে সোডিয়াম এবং পটাসিয়াম ধাতু দ্রাবিত হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে এবং উহারা ফ্লুয়োরাইডে রূপান্তরিত হয়। সিলভার এবং কপার অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণে দ্রাবিত হয়।

অন্যান্য অ্যাসিডের যে ক্ষমতা দেখা যায় না ইহার সেই ক্ষমতা হইল যে ইহা কাচ এবং পোর্সিলেনকে দ্রবীভূত করে। ইহার কারণ এই যে এই অ্যাসিড উক্ত পদার্থদ্বয়ে যে সিলিকা (SiO_2) আছে তাহার সহিত বিক্রিয়া করিয়া সিলিকন টেট্রাফ্লুয়োরাইড (SiF_4) (গ্যাসীয় পদার্থ) এবং জল উৎপন্ন করে।

$$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O$$

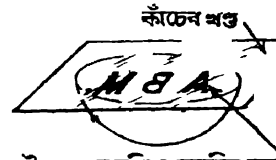
এই কারণেই অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ কাচের বোতলে রাখা যায় না। এই অ্যাসিড গোল্ড বা প্লাটিনামের সহিত বিক্রিয়া করে না।

হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের ব্যবহার (১) কাচের উপর লেখা খোদাই কার্যে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে। (২) ঢালাই লোহের প্রস্তুত দ্রব্যাদি হইতে সিলিকা বা বালি অপসারণে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে। (৩) আখের ভিতর যে সিলিকা থাকে তাহাও অপসারণের জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়। (৪) পেট্রোলিয়ামের খনিতে গর্ত করিবার সময় বালির শেষ স্তর অপসারণের জন্য এই অ্যাসিড ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের লবণ অ্যালকোহলের পণ্য উৎপাদনে পাত্রের বীজাণুনাশক হিসাবে এবং সোডিয়াম ও জিঙ্ক ফ্লুয়োরাইড কাষ্ঠ সংরক্ষণের কাজে ব্যবহৃত হয়।

কাচ-খোদাই (Etching of Glass) সিলিকার সহিত হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার কথা আগেই উল্লিখিত হইয়াছে। কাচ কতকগুলি সিলিকেটের মিশ্রণ। তাই কাচের উপর হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড যোগ করিলে কাচের সিলিকার সহিত HF বিক্রিয়া করিয়া গ্যাসীয় সিলিকন টেট্রাফ্লুয়োরাইড উৎপন্ন করে। তাহাতেই কাচের গায়ে খোদাই হয়। নিম্নলিখিত প্রকারে কাচের উপর খোদাই কার্য করা হইয়া থাকে।

কাচের নির্মিত দ্রব্যের একদিকে প্যারাফিন গলাইয়া ঢালিয়া দিয়া পরে ঠাণ্ডা

করিয়া প্রলেপ দেওয়া হয়। এই প্রলেপের উপর সরু সূচ দ্বারা নাম বা চিত্রের নমুনার নক্‌শা আঁকা হয়। এই লিখিত নাম বা নক্‌শার উপর হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ ঢালিয়া দিয়া অ্যাসিডকে কিছুক্ষণ বিক্রিয়া করিতে দেওয়া হয়। পরে জল দিয়া হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড ধুইয়া ফেলা হয় এবং তার্পিণ

চিত্র নং 51

তৈলের সাহায্যে প্যারাফিন দ্রবীভূত করিয়া অপসারিত করা হয়। তখন দেখা যায় যে কাচের গায়ে নাম বা নক্‌শা খোদিত হইয়াছে। এইভাবে থার্মোমিটার বিউরেট পিপেট প্রভৃতি যন্ত্রকে অংশাঙ্কিত করা হয়। অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ ব্যবহার দ্বারা সুস্পষ্ট খোদাই হইয়া থাকে।

(খ) ব্রোমিন (Bromine)

সংকেত—Br পারমাণবিক ওজন 79.92 বাষ্পীয় ঘনত্ব 79.92 আণবিক সংকেত—Br_2 স্ফুটনাঙ্ক 59 সেন্টিগ্রেড।

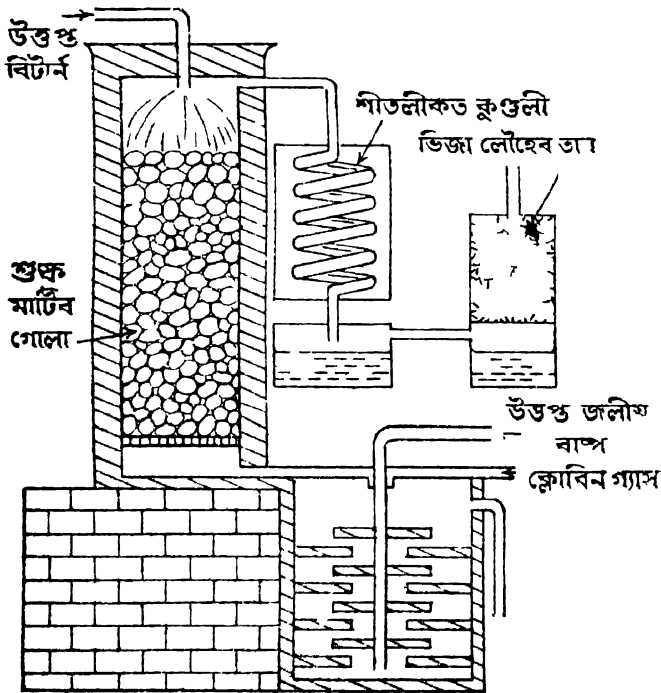
দ্রষ্টব্য প্রায় 92টি মৌলিক পদার্থের ভিতর দুইটিমাত্র স্বাভাবিক অবস্থায় তরল; তাহার মধ্যে একটি ধাতব পদার্থ মার্কারী (Hg পারদ) এবং অপরটি অধাতব পদার্থ ব্রোমিন।

অবস্থান ক্লোরিণের মত ব্রোমিনও মৌলাবস্থায় প্রকৃতিতে দেখা যায় না। যুক্তাবস্থায় ব্রোমাইডরূপে ইহা সমুদ্র জলে এবং খনিজ জলে এবং খনিজ পদার্থে দেখিতে পাওয়া যায়। সমুদ্র জল হইতে খাদ্য লবণ কেলাসিত করিয়া পৃথক্ করিলে যে অবশেষ দ্রবণ পড়িয়া থাকে তাহাতে ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড থাকে। জার্মানীর ষ্টাসফার্ট নামক স্থানে খনিতে কারনালাইট (Carnallite KCl $MgCl_2$ $6H_2O$) পাওয়া যায়। তাহাতে অতি সামান্য পরিমাণ (0.2%) ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড থাকে। ইহা ছাড়া সোডিয়াম পটাসিয়াম এবং ক্যালসিয়াম ব্রোমাইডও প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। সিলভার ব্রোমাইড (AgBr) ব্রোমারজাইরাইট (Bromargyrite) নামক দুষ্প্রাপ্য খনিজ হিসাবে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি :—(ক) পরীক্ষাগার প্রণালী পরীক্ষাগারে যেভাবে ক্লোরিণ তৈয়ারী করা যায় সেইভাবেই পটাসিয়াম ব্রোমাইডের সহিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-

অক্সাইড এব গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া কাচের বক্‌যন্ত্রে লইয়া উত্তপ্ত করিয়া পাতিত করিলেই ব্রোমিন পাওয়া যায়। জলের ভিতর ডুবাইয়া ঠাণ্ডা করা গ্রাহকে উৎপন্ন ব্রোমিনের বাষ্প তরলে পরিণত হইয়া স গৃহীত হয়। (রসায়নের গোড়ার কথা প্রথম ভাগ চতুর্থ স স্করণ 35 পৃ চিত্র ন 5 দেখ)

$$2KBr + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Br_2$$

(খ) ব্রোমিনের পণ্য উৎপাদন —(1) কার্নালাইট হইতে জার্মানীর ষ্টাস্‌ফার্টে যে লবণের খনি আছে তাহাতে কার্নালাইট ($KCl\ MgCl_2, 6H_2O$) প্রচুর পাওয়া যায়। এই কারনালাইটে $KBr\ MgBr_2\ 6H\ O$ (ব্রোমোকারনা

চিত্র নং 52

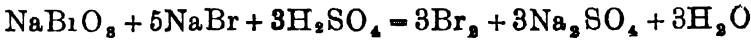
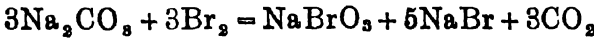
লাইট) অশুদ্ধি হিসাবে মিশ্রিত হইয়া থাকে। কারনালাইটকে জলে দ্রবীভূত করা হয় এব সেই দ্রবণ উত্তাপ দ্বারা ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে উহা হইতে কম দ্রাব্য

পটাসিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত হয়। পটাসিয়াম ক্লোরাইডের কেলাসগুলি সরাইয়া লইলে যে শেষ দ্রব (mother liquor) পড়িয়া থাকে তাহাতে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড এবং ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড দ্রবীভূত অবস্থায় বর্তমান থাকে। তবে ব্রোমাইডের পরিমাণ মাত্র প্রায় শতকরা 0 25 ভাগ থাকে। এই শেষ দ্রবকে বিটার্ণ (bittern) বলে। 60 সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত শেষ দ্রবকে শুষ্ক মাটির ছোট ছোট গোলা (earthenware balls) ভর্তি একটি স্তম্ভের মধ্য দিয়া ধীরে ধীরে প্রবাহিত করা হয়। স্তম্ভের নীচে একটি বড় চৌবাচ্চা থাকে। চৌবাচ্চার ভিতর কয়েকটি আঁকা বাঁকা থাক্ (zig zag shelves) সাজানো থাকে এবং তরল দ্রবণটি তাহার ভিতর দিয়া প্রবাহিত হয়। স্তম্ভের ভিতর নীচে হইতে উপর দিকে ষ্টীম এবং ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করা হয়। ক্লোরিণের সহিত সংস্পর্শে আসামাত্র ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন মুক্ত হয় এবং ষ্টীমের সহিত বাষ্পাকারে উহা স্তম্ভের উপর দিকে অবস্থিত নির্গম নল দিয়া বাহির হয় এবং নির্গত ব্রোমিনের বাষ্পকে মাটির সর্পিল (Spiral) শীতক নলের ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয়। এই শীতক নলের ভিতরই অধিকাংশ ব্রোমিন তরলে পরিণত হয়। যদি এখান হইতে সামান্য ব্রোমিন বাষ্পাকারে বাহির হইয়া আসে তাহাকে একটি আর্দ্র লৌহচূর্ণ পূর্ণ (moist iron filings) স্তম্ভের ভিতর চালনা করা হয়। সেইখানে উহা ফেরোসো ফেরিক ব্রোমাইডে (Fe_3Br_8) পরিণত হয় এই Fe_3Br_8 হইতে পরে পটাসিয়াম ব্রোমাইড উৎপাদন করিয়া বাজারে ছাড়া হয়। $MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2$
$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$, $3Fe + 4Br_2 = Fe\ Br$

(ii) সমুদ্র-জল হইতে বর্তমানে আমেরিকায় সমুদ্রজল হইতে ব্রোমিনের পণ্য উৎপাদন একটি বিশেষ শিল্প হিসাবে প্রচলিত হইয়াছে। আটলান্টিক মহাসমুদ্রের জলে মাত্র শতকরা 0 009 ভাগ ব্রোমিন আছে। প্রথমে সমুদ্রজল পাম্পের সাহায্যে একটি চৌবাচ্চায় আনিয়া থিতাইতে দেওয়া হয়। পরে থিতান সমুদ্রজল অন্য একটি চৌবাচ্চায় লইয়া উহাতে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড (প্রতি টন জলে 0 25 পাউণ্ড গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড) যোগ করা হয়। তাহার পর অ্যাসিডযুক্ত সমুদ্রজলের ভিতর দিয়া ক্লোরিণ গ্যাস অতিক্রম করান হয়। ইহাতে ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন মুক্ত হইয়া জলে দ্রবীভূত হয়। মুক্ত ব্রোমিনকে দ্রবণ হইতে উষ্ণ বায়ু প্রবাহ দ্বারা বিতাড়িত করিয়া সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণে শোষণ

করা হয়। তাহার পর এই দ্রবণে অতিরিক্ত সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া ষ্টীমসহযোগে পাতিত করিলে ব্রোমিন পাওয়া যায়।

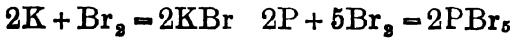
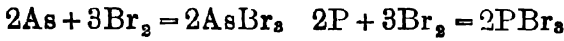
$$3Na_2CO_3 + 3Br_2 = NaBrO_3 + 5NaBr + 3CO_2$$

$$NaBrO_3 + 5NaBr + 3H_2SO_4 = 3Br_2 + 3Na_2SO_4 + 3H_2O$$

বিশুদ্ধীকরণ পণ্য উৎপাদনে প্রাপ্ত ব্রোমিনে জল আয়োডিন এবং ক্লোরিণ অশুদ্ধি হিসাবে মিশ্রিত দেখিতে পাওয়া যায়। এই বাজারের ব্রোমিনের সহিত প্রথমে পটাসিয়াম ব্রোমাইড মিশাইয়া পাতিত করিলে ক্লোরিণ দূরীভূত হয়। পরে জিঙ্ক অক্সাইডের সহিত মিশাইয়া পাতিত করিলে আয়োডিন দূরীভূত হয়। সকলের শেষ ক্লোরিণ ও আয়োডিন হইতে মুক্ত ব্রোমিনের সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া পাতিত করিলে জল দূরীভূত হইয়া বিশুদ্ধ এবং ঘনীভূত ব্রোমিন পাওয়া যায়।

ব্রোমিনের ধর্ম সাধারণ উষ্ণতায় ব্রোমিন একটি ঘোর লাল বর্ণের (প্রায় কৃষ্ণবর্ণ) তরল পদার্থ। ইহার গন্ধ অতিশয় তীব্র এবং জ্বালা উৎপাদক। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে ইহা ক্লোরিণ অপেক্ষা অধিক বিষাক্ত এবং ক্লোরিণের তুলনায় শ্লৈষ্মিক ঝিল্লীকে ইহা বেশী মারাত্মকভাবে আক্রমণ করে। এক ফোঁটা ব্রোমিন গায়ের চামড়ার সংস্পর্শে আসিলে গুরুতর যন্ত্রণাদায়ক ক্ষতের সৃষ্টি হয়। সেই ক্ষত আরোগ্য হওয়া খুবই কঠিন। ব্রোমিনের ঘনাঙ্ক 3.188 (0° সেন্টিগ্রেড)। সেইজন্য তরল ব্রোমিনের ভিতর একটি কাচের ছিপি ছাড়িয়া দিলে উহা ভাসিতে থাকে। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 59° সেন্টিগ্রেড কিন্তু ইহা অত্যন্ত উদ্বায়ী এবং সেই কারণে সর্বদাই ইহা হইতে লাল বাষ্প উঠিতে দেখা যায়। ইহা জলে সামান্য দ্রবণীয় (20° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে মাত্র 3.5 গ্রাম ব্রোমিন দ্রবীভূত হয়)। এই দ্রবণকে ব্রোমিন-জল (Bromine water) বলে। ইহা অ্যালকোহলে, ঈথারে ক্লোরোফর্মে কার্বন ডাই সলফাইডে এবং অ্যাসিটিক অ্যাসিডে বেশী দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবণের বর্ণ হয় লালচে বাদামী (reddish brown)।

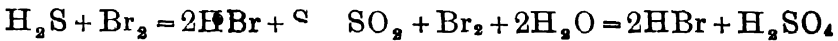
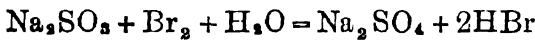
ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণকে সূর্যালোকে রাখিয়া দিলে অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড থাকে। $2Br_2 + 2H_2O = 4HBr + O_2$ আবার ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণকে বরফসংযোগে হিমশীতল করিলে ব্রোমিন হাইড্রেটের ($Br_2, 8H_2O$) কেলাস পাওয়া যায়।

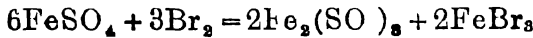
ব্রোমিন নিজে দাহ্য নহে এবং সাধারণভাবে দহনের সহায়কও নহে। কিন্তু আর্সেনিক, ফস্‌ফোরাস, পটাসিয়াম কপার প্রভৃতির গুড়া ব্রোমিন পূর্ণ গ্যাসজারে ফেলিলে উহারা স্বতই জ্বলিয়া উঠে এবং উহাদের ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়।

$$2As + 3Br_2 = 2AsBr_3 \quad 2P + 3Br_2 = 2PBr_3$$
$$2K + Br_2 = 2KBr \quad 2P + 5Br_2 = 2PBr_5$$

ব্রোমিনের বাষ্প এবং হাইড্রোজেন মিশাইলে সাধারণ উষ্ণতায় কোন বিক্রিয়া হয় না কিন্তু উত্তপ্ত করিলে ব্রোমিন ও হাইড্রোজেন সহজেই সংযুক্ত হয় এবং হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়। $H_2 + Br_2 = 2HBr$ ব্রোমিন মৃদু জারক এবং অতি সামান্য বিরঞ্জকগুণ বিশিষ্ট ইহা লিটমাসকে বর্ণশূন্য করে। হাইড্রোজেন সলফাইড এবং সলফার ডাই অক্সাইডকে ইহা সহজেই জারিত করে।

$$H_2S + Br_2 = 2HBr + S \quad SO_2 + Br_2 + 2H_2O = 2HBr + H_2SO_4$$

সলফাইটকেও জারিত করিয়া ইহা সলফেটে পরিণত করে।

$$Na_2SO_3 + Br_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HBr$$

ফেরাস সলফেটও ব্রোমিন দ্বারা জারিত হইয়া ফেরিক সলফেটে পরিণত হয়।

$$6FeSO_4 + 3Br_2 = 2Fe_2(SO_4)_3 + 2FeBr_3$$

ব্রোমিনের সহিত ঠাণ্ডা এবং পাতলা ক্ষারকের [KOH NaOH $Ca(OH)_2$ ইত্যাদি] বিক্রিয়ার ফলে হাইপোব্রোমাইট এবং ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়।

$$Br_2 + 2KOH = KBr + KOBr + H_2O$$
$$2Br_2 + 2Ca(OH)_2 = CaBr_2 + Ca(OBr)_2 + 2H_2O$$

কিন্তু উষ্ণ ক্ষারকের সহিত অতিরিক্ত ব্রোমিনের ক্রিয়ার ফলে ব্রোমেট এবং ব্রোমাইড পাওয়া যায়।

$$3Br_2 + 6NaOH = NaBrO_3 + 5NaBr + 3H_2O$$

আয়োডাইডে ব্রোমিন যোগ করিলে আয়োডিন মুক্ত হয়।

$$2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$$

বস্তুত ব্রোমিনের রাসায়নিক ধর্মগুলি ক্লোরিণের অনুরূপ, কিন্তু ক্লোরিণ অপেক্ষা ইহার সক্রিয়তা অনেকটা কম।

ইহা ষ্টার্চ (starch) এর দ্রবকে হলুদ র এ রঞ্জিত করিয়া বিক্রিয়া ঘটায়। যদিও অনেক মৌল পদার্থের সহিত ইহা সহজেই স যুক্ত হইয়া ব্রোমাইড উৎপাদন করে কিন্তু কার্বন নাইট্রোজেন এব অক্সিজেনের সহিত ইহার কোন বিক্রিয়া হয় না।

ব্রোমিনের অভীক্ষণ (1) ব্রোমিনের উপস্থিতি উহার বিশিষ্ট গাঢ় লাল র এব তীব্র গন্ধের সাহায্যেই জানা যায়। (2) ষ্টার্চের দ্রবণে ব্রোমিন যোগ করিলে দ্রবণের বর্ণ কমলালেবুর বর্ণের মত হয়। (3) ষ্টার্চ এব পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে সিক্ত কাগজ ব্রোমিনের বাষ্পে ধরিলে উহার বর্ণ নীল হয়। (4) ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণে কার্বন ডাই সলফাইড যোগ করিয়া ভালভাবে ঝাঁকাইয়া রাখিয়া দিলে নীচে যে কার্বন ডাই সলফাইডের স্তর জমা হয় তাহা লালচে বাদামী বর্ণের হয়। এই সমস্ত পরীক্ষাদ্বারা ব্রামিনের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়।

নাইট্রোজেন পার অক্সাইড এব ব্রোমিনের বাষ্পের ব তীব্রগন্ধ একই প্রকার। কোন বিক্রিয়ায় লালচে বাদামী র এর বাষ্প উদ্ভূত হইলে তাহা ব্রোমিনের অথবা নাইট্রোজেন পার অক্সাইডের এই সম্বন্ধে সন্দেহ উপস্থিত হইলে বাষ্পটিকে জলের ভিতর চালনা করিলে যদি বর্ণহীন দ্রবণ পাওয়া যায় তবে বাষ্পটি নাইট্রোজেন পার অক্সাইডের বলিয়া জানা যাইবে। ব্রোমিনের বাষ্প হইলে জলের দ্রবণের বর্ণ হলদে হইবে।

ব্রোমিনের ব্যবহার মুক্ত ব্রোমিন ব্রোমাইড লবণ উৎপাদনে বীজাণু নাশক হিসাবে জৈব স শ্লেষণে (organic synthesis), জৈব রঞ্জক (organic dyes) প্রস্তুতে এব জারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

ব্রোমিন অপেক্ষা ব্রোমাইডের ব্যবহার বেশী। পটাসিয়াম ব্রোমাইড (KBr) এব সিলভার ব্রোমাইড (AgBr) দুইটি প্রধান ব্রোমাইড লবণ। পটাসিয়াম ব্রোমাইড ঔষধ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। সিলভার ব্রোমাইড ফটোগ্রাফীর প্লেটে ব্যবহার করা হয় এব প্লেটের উপর ইহা পটাসিয়াম ব্রোমাইড এব সিলভার নাইট্রেটের বিক্রিয়ার দ্বারা উৎপাদিত হয়। বীজাণুনাশক হিসাবে যখন ইহার ব্যবহার হয় তখন ব্রোমিনকে কিসেলগুড় (kieselguhr) নামক মাটিতে শোষণ করিয়া কঠিন ব্রোমিন (Bromum Solidificatum) নামে বাজারে বিক্রয় করা হয়।

আয়োডিন (Iodine)

সংকেত—I পারমাণবিক ওজন—126.9 বাষ্পীয় ঘনত্ব—126.9

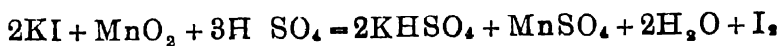
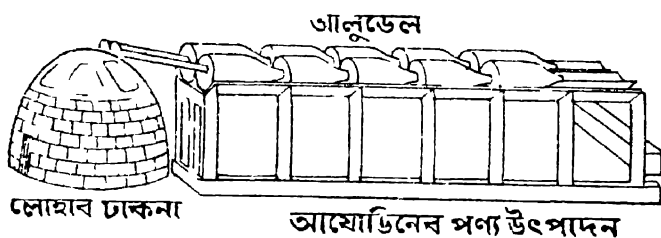
আণবিক সংকেত I_2, গলনাঙ্ক 114.2 সেন্টিগ্রেড স্ফুটনাঙ্ক 184 সেন্টিগ্রেড, ঘনাঙ্ক 4.94।

অবস্থান অন্যান্য হ্যালোজেনের মত আয়োডিনও প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। সমুদ্রের জলে কিছু পরিমাণ আয়োডাইড লবণ থাকে। সামুদ্রিক উদ্ভিদ্ আগাছা (Sea weeds) এই আয়োডাইড আত্মসাৎ করিয়া থাকে। সমুদ্রের তটবর্তী উদ্ভিদ্ অপেক্ষা গভীর সমুদ্রের উদ্ভিদে কিছু বেশী পরিমাণ আয়োডাইড থাকে। ঝড়ের সময় গভীর সমুদ্রের উদ্ভিদ্‌গুলি সমুদ্রতটে আসিয়া জড়ো হয়। সেই উদ্ভিদ্‌গুলি সংগ্রহ করিয়া রৌদ্রে শুকাইয়া সাবধানে পোড়ান হয় যাহাতে কোন আয়োডিন উড়িয়া না যায়। পোড়ানর পর যে ছাই (ash) পাওয়া যায় তাহাকে সাধারণত কেল্‌প (Kelp) বলে এবং এই কেল্‌প হইতে আয়োডিনের পণ্য উৎপাদন সাধিত হয়। সামুদ্রিক উদ্ভিদ্ ছাড়াও চিলিতে সোডিয়াম নাইট্রেট বা ক্যালিচির (Caliche) যে খনি আছে তাহাতে সামান্য পরিমাণ সোডিয়াম আয়োডেট ($NaIO_3$) সোডিয়াম নাইট্রেটের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় পাওয়া যায়। ইহাও আয়োডিনের পণ্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

জীবদেহের কোন কোন গ্রন্থিতে (glands) যথা থাইরয়েড (thyroid) গ্রন্থিতে কড নামক সামুদ্রিক মৎস্যের লিভার হইতে উৎপন্ন তৈলে দুগ্ধে এবং পেট্রোলিয়াম খনি হইতে প্রাপ্ত লবণ জলে (petroleum brine) আয়োডিনের যৌগ দেখিতে পাওয়া যায়।

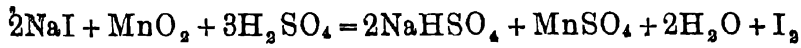
প্রস্তুতি (ক) পরীক্ষাগার প্রণালী পরীক্ষাগারে যে উপায়ে ইহার সমগোত্রীয় ক্লোরিণ ও ব্রোমিন প্রস্তুত করা হয় সেই একই উপায়ে আয়োডিনও প্রস্তুত করা হয়। পটাসিয়াম আয়োডাইডের সহিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড এবং ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া একটি বকযন্ত্রে লইয়া উত্তপ্ত করা হয়। বকযন্ত্রের মুখে একটি ফ্লাস্ক লাগানো হয় এবং ইহাই আয়োডিনের গ্রাহক হিসাবে কার্য করে। এই ফ্লাস্কটিকে একটি কাচের দ্রোণীতে জল রাখিয়া সেই জলের ভিতর যতটা সম্ভব ডুবাইয়া রাখা হয় এবং ফ্লাস্কের উপর দিকে ভিজা কাপড় বা ভিজা ব্লটিং কাগজ রাখিয়া অনবরত জল ঢালা হয়। ইহাতে ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা থাকে।

উত্তাপ প্রয়োগের ফলে আয়োডিনের বেগুনী র এর বাষ্প উত্থিত হয় এব এই বাষ্প ঠাণ্ডা ফ্লাস্কের ভিতর যাইয়া উজ্জ্বল কালো আয়োডিনের স্ফটিকে পরিণত হয়। ("রসায়নের গোড়ার কথা", প্রথম ভাগ, চতুর্থ স স্করণ ৩৪ পৃ চিত্র ন ৫ দেখ।)

$$2KI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + I_2$$

(খ) পণ্য উৎপাদন (1) সামুদ্রিক উদ্ভিদ হইতে (from sea-weeds) গভীর সমুদ্রের উদ্ভিদগুলি ঝড়ে সমুদ্রতটে আসিয়া লাগিলে স গ্রহ করা হয় এব রৌদ্রতাপে শুকাইয়া লওয়া হয়। শুষ্ক উদ্ভিদগুলিকে মৃদুতাপে পোড়ানো হয় কারণ উচ্চ উষ্ণতায় আয়োডাইড লবণ নষ্ট হইয়া যায়। এই প্রকারে পোড়ানর ফলে যে ছাই উৎপন্ন হয় তাহাকে কেল্‌প বলে। এই কেল্‌পে ক্ষার

চিত্র ন ৩৩

ধাতুর আয়োডা ড এব অন্যান্য লবণ থাকে। এই কেল্‌পকে লোহার পাত্রে লইয়া ষ্টীমের উত্তাপে জলে গুলিয়া যে দ্রব উৎপন্ন হয় তাহা ছাঁকিয়া লোহার কড়াইএ ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে সলফেট, ক্লোরাইড প্রভৃতি লবণগুলি কেলাসিত হয়। কেলাসিত লবণগুলি অপসারিত করিয়া যে শেষ দ্রব পাওয়া যায় তাহাতে সোডিয়াম আয়োডাইড এব পটাসিয়াম আয়োডাইড সামান্য ব্রোমাইড এব ক্লোরাইড থাকে। শেষ দ্রবের সহিত সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলে পোড়াইবার সময় উৎপন্ন সলফাইড হইতে সলফার মুক্ত হয়। মুক্ত সালফারযুক্ত দ্রবণকে থিতাইতে দেওয়া হয় এব পরে উপর হইতে পরিষ্কার দ্রবকে ঢালিয়া লইয়া তাহার সহিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড এব গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া লোহার কড়াইএ উত্তপ্ত করা হয়। লোহার কড়াইএর উপর সীসার ঢাকনা (still heads) লাগানো থাকে এব ঢাকনার সহিত নির্গমনল লাগাইয়া নির্গম

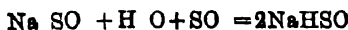
নলের মুখ অ্যালুডেল (aludel) নামে অভিহিত মাটির গ্রাহকের ভিতর প্রবেশ করাইয়া রাখা হয়। আয়োডাইড হইতে মুক্ত আয়োডিন উৎক্ষিপ্ত হইয়া অ্যালুডেলের ভিতর কঠিন অবস্থায় স গৃহীত হয়।

$$2NaI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + I_2$$

(ii) চিলির নাইট্রেট বা ক্যালিচি হইতে (from Chile saltpetre or Caliche) ক্যালিচিতে সোডিয়াম নাইট্রেটের সহিত শতকরা 0 2 ভাগ সোডিয়াম আয়োডেট মিশ্রিত থাকে। সাধারণত এই ক্যালিচি সার হিসাবে ব্যবহৃত হয় কিন্তু সোডিয়াম আয়োডেট উদ্ভিদের ধ্বংস সাধন করে। তাই ক্যালিচিকে জলে দ্রবীভূত করিয়া উত্তাপ দ্বারা ঘনীভূত করা হয় এবং পরে ঠাণ্ডা করিয়া বিশুদ্ধ সোডিয়াম নাইট্রেট কলাসিত করিয়া সংগ্রহ করা হয় এবং সার হিসাবে ব্যবহার করা হয়। তখন যে শেষদ্রব পড়িয়া থাকে তাহাতে সোডিয়াম আয়োডেট থাকিয়া যায়। এই শেষদ্রবের সহিত উপযুক্ত পরিমাণ সোডিয়াম বাই সলফাইটের দ্রবণ মেশান হয়। এই মিশ্রণের ফলে আয়োডেট হইতে আয়োডিন মুক্ত হয় এবং কঠিন অবস্থায় দ্রবণ হইতে পৃথক্ হইয়া যায়।

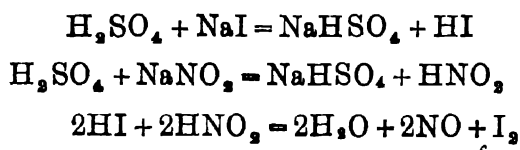
$$2NaIO_3 + 5NaHSO_3 = 3NaHSO_4 + 2Na_2SO_4 + I_2 + H_2O$$

এই কঠিন আয়োডিনযুক্ত দ্রবণকে থিতাইতে দেওয়া হয়। পরে উপর হইতে তরল দ্রবকে অপসারিত করিয়া কঠিন আয়োডিনকে জল দ্বারা ধৌত করা হয়। পরে চাপ প্রয়োগ করিয়া ইহাকে চাকতিতে (cakes) পরিণত করা হয়।

দ্রষ্টব্য সোডিয়াম বাই সলফাইট বা অ্যাসিড সোডিয়াম সলফাইট (NaHSO) বাজারে না কিনিয়া সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের ভিতর সলফার পোড়াইয়া উৎপাদিত সলফার ডাই অক্সাইড গ্যাস যথেষ্ট পরিমাণে অতিক্রম করাইয়া আয়োডিন উৎপাদনের স্থানেই প্রস্তুত করা হয় এবং এইভাবে সোডিয়াম বাই সলফাইটের যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাহাই আয়োডেটের দ্রবণে যোগ করা হয়।

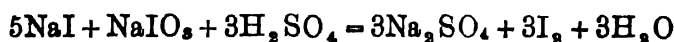
$$Na\ CO\ + SO\ = Na\ SO\ + CO$$
$$Na\ SO\ + H\ O + SO\ = 2NaHSO$$

(iii) পেট্রোলিয়াম খনিতে প্রাপ্ত লবণ জল হইতে (from Petroleum brine) এই স্থলে বর্ণিত পদ্ধতি দ্বারা আমেরিকাতে পেট্রোলিয়াম খনি

হইতে সংগৃহীত লবণ জল হইতে আয়োডিনের পণ্য উৎপাদন করা হয়। যুক্তরাজ্যের দক্ষিণ কেরোলিনার পেট্রোলিয়াম খনি হইতে যে লবণ জল পাওয়া যায় তাহার দশ লক্ষ ভাগে 30 হইতে 70 ভাগ আয়োডিন সোডিয়াম আয়োডাইডরূপে দেখিতে পাওয়া যায়। এই লবণ জলকে থিতাইতে দেওয়া হয় এব উপরে যে তৈল জমা হয় তাহা অপসারিত করা হয়। তাহার পর লবণ জলে সলফিউরিক অ্যাসিড উপযুক্ত পরিমাণ যোগ করিয়া জলকে অ্যাসিডধর্মী করা হয়। পরে সোডিয়াম নাইট্রাইট ($NaNO_2$) যোগ করিলে আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মুক্ত হয়। এখানে সোডিয়াম নাইট্রাইট জারকরূপে কার্য করে।

$$H_2SO_4 + NaI = NaHSO_4 + HI$$
$$H_2SO_4 + NaNO_2 = NaHSO_4 + HNO_2$$
$$2HI + 2HNO_2 = 2H_2O + 2NO + I_2$$

দ্রবটি ঈষৎ হলুদবর্ণের দেখায় কারণ মুক্ত আয়োডিনের পরিমাণ খুবই কম। এই দ্রবকে উজ্জীবিত (activated) অঙ্গারের গুড়ার ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া পরিস্রাবিত করা হয়। যখন যথেষ্ট পবিমাণ আযোডিন উজ্জীবিত অঙ্গারে জমা হয়, তখন ঐ উজ্জীবিত অঙ্গারের সহিত কষ্টিক সোডার দ্রবণ মিশাইয়া ফুটান হয়। আয়োডিন আয়োডাইড এব আয়োডেটে পরিণত হইয়া দ্রবে মিশাইয়া থাকে।

$$3I_2 + 6NaOH = 5NaI + NaIO_3 + 3H_2O$$

অঙ্গার হইতে দ্রবকে পৃথক করিয়া উত্তাপ দ্বারা ঘনীভূত করিয়া যথেষ্ট পরিমাণে সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে দ্রবটি অ্যাসিডধর্মী হইবে এব তখন কঠিন আয়োডিন দ্রবণের ভিতর জমা হয়।

$$5NaI + NaIO_3 + 3H_2SO_4 = 3Na_2SO_4 + 3I_2 + 3H_2O$$

আয়োডিনের বিশুদ্ধি সম্পাদন উপরের লিখিত উপায়ে প্রাপ্ত আয়োডিনে জলীয় বাষ্প, আয়োডিন ক্লোরাইড (ICl) আয়োডিন ব্রোমাইড (IBr) এব, আয়োডিন সায়নাইড (ICN) অশুদ্ধিরূপে বর্তমান থাকে। ইহারা সকলেই উদ্বায়ী সেই কারণে ঊর্দ্ধপাতন দ্বারা ইহাদিগকে আয়োডিন হইতে পৃথক্ করা যায় না। এই সকল অশুদ্ধিযুক্ত আয়োডিনের সহিত চুন (ক্যালসিয়াম অক্সাইড, CaO) এবং

পটাসিয়াম আয়োডাইড মিশাইয়া মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ আয়োডিন ঊর্দ্ধপাতিত হয়। চুন দ্বারা জল শোষিত হয় এব পটাসিয়াম আয়োডাইড ক্লোরিন এব ব্রোমিন অপসারিত করে।

অতি বিশুদ্ধ আয়োডিন পাইতে হইলে উপরে লিখিত প্রণালীতে ঊর্দ্ধপাতিত আয়োডিনকে পটাসিয়াম আয়োডাইডের গাঢ় দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবকে অতিরিক্ত জল দিয়া পাতলা করিলে কঠিন আয়োডিন অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাকে কাচের পশমের (glass-wool) মধ্য দিয়া ছাঁকিয়া বায়ুশূন্য শোষকাধারে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের উপরে রাখিয়া শুকাইয়া লইলে অতি বিশুদ্ধ আয়োডিন পাওয়া যায়।

কিউপ্রাস আয়োডাইডকে বায়ুপ্রবাহে উত্তপ্ত কবিলে অতি বিশুদ্ধ আয়োডিন উৎপন্ন হয।

$$Cu_2I_2 + O_2 = 2CuO + I_2$$

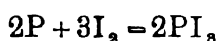
আয়োডিনের ধর্ম সাধারণ উষ্ণতায় আয়োডিন ধূসর ব এর উজ্জ্বল স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ। সাধাবণত ইহাকে আঁশের (scales) আকারে পাওয়া যায়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 4 94 এব ইহার গলনাঙ্ক 114 2 সেন্টিগ্রেড। সাধারণ উষ্ণতায় আয়োডিন অতি ধীরে ধীরে কঠিন অবস্থা হইতে বাষ্পে পরিণত হয়। উত্তাপ প্রয়োগ করিলে ইহা গলিবার অনেক আগেই বেগুনী র‚এর বাষ্পে পরিণত হয়। সেই কারণে ইহাকে সহজেই ঊর্দ্ধপাতিত করা সম্ভব। আয়োডিনের বাষ্পের গন্ধ অনেকটা পাতলা ক্লোরিণের অনুরূপ। তরল আয়োডিনের স্ফুটনাঙ্ক 184 4 সেন্টিগ্রেড এব এই স্ফুটনাঙ্কের উষ্ণতায় আয়োডিনের বাষ্পীয় ঘনত্ব হইতে জানা যায় যে ইহার আণবিক স কেত হইল I_2 এব 700 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা পর্যন্ত বাষ্পীয় ঘনত্ব হইতে আয়োডিনের অণু দ্বিপরমাণুক বলিয়া জানা যায়। কিন্তু তাহার পর 1700 সেন্টিগ্রেড তাপ মাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া বাষ্পীয় ঘনত্ব পরিমাপ করিলে দেখা যায যে দ্বিপরমাণুক অণুগুলি পুরাপুরি এক পরমাণুক অণুতে পরিবর্তিত হয়। $I_2 \rightleftharpoons 2I$

জলে আয়োডিন অতি সামান্য দ্রাব্য। 1 লিটার জলে 18 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় মাত্র 0 2765 গ্রাম আয়োডিন দ্রবীভূত হয়, 35 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় 0 4662 গ্রাম এব 55 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় 0 9226 গ্রাম আয়োডিন দ্রবীভূত হয়। কিন্তু ইহা পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে খুব দ্রাব্য। দ্রবণের র‚ বাদামী। এই দ্রবণে পটাসিয়াম ট্রাই আয়োডাইড উৎপন্ন হইয়া থাকে $KI + I_2 = KI_3$

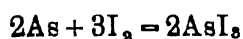
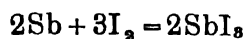
এই দ্রবণ হইতে KI_3 H_2O এর কালো র এর কেলাস পাওয়া যায়। বিভিন্ন জৈব দ্রাবকে যথা অ্যালকোহল ঈথার, বেনজিন, ক্লোরোফর্ম এব কার্বন ডাই সলফাইড আয়োডিন বেশ দ্রবীভূত হয়। অ্যালকোহলে বেনজিনে ও ঈথারে যে দ্রব উৎপন্ন হয় তাহার ব বাদামী কিন্তু ক্লোরোফর্মে ও ক র্বন ডাই সলফাইডে যে দ্রব পাওয়া যায় তাহার ব বেগুনী।

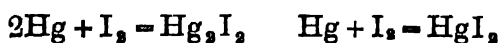
আয়োডিনেব রাসায়নিক ধর্ম ক্লোরিণ এব ব্রোমিনের অনুরূপ কিন্তু ইহার সক্রিয়তা ক্লোরিণ ও ব্রোমিণের তুলনায় অনেক কম। আয়োডিনের বাষ্প দাহ্যও নয় এব, সাধারণ হিসাবে দহনেব সহায়কও নয়। কিন্তু সাদা ফসফোবাস, অ্যান্টিমণি এব আর্সেনিকের গুড়া আয়োডিন বাষ্পে দিলে জ্বলিয়া উঠে এব আয়োডিনের বাষ্প এই দহনেব সহায়তা কবে।

পবীক্ষা একটি খর্পরেব এক প্রান্তে একটুকরা সাদা ফসফোরাস এব অন্য প্রান্তে একটুকবা আযোডিন বাখিলে কোন ক্রিয়া হয় না কিন্তু আয়োডিনের টুকরা ফস্‌ফোরাসেব সহিত একত্রিত করিলেই প্রথমে ফস্‌ফোবাস গলিয়া যায় এব পরে উহারা তীব্রভাবে ক্রিয়া কবে এব ফস্‌ফোবাস জ্বলিয়া উঠে ও আয়োডিনের বেগুনী ধো যা দেখা যায়। উজ্জ্বলন চামচে একটুকবা সাদা ফস্‌ফোবাস লইয়া আয়োডিনের বাষ্পেব ভিতর নামাইয়া দিযা এই পরীক্ষা দেখান যাইতে পারে। সেখানেও প্রথমে সাদা ফস্‌ফোবাস গলিয়া যায় এব পবে তাহাতে আগুন ধরিয়া যায়।

$$2P + 3I_2 = 2PI_3$$

আয়োডিনের বাষ্পপূর্ণ গ্যাস জারে অ্যান্টিমনি বা আর্সেনিকের গুড়া ঈষৎ উত্তপ্ত করিয়া ছিটাইয়া দিলে তাহা ফুলঝুরির মত জ্বলিয়া উঠে।

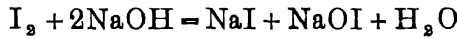
$$2Sb + 3I_2 = 2SbI_3$$

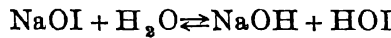
$$2As + 3I_2 = 2AsI_3$$

মার্কারি ও আয়োডিন একটি খলে লইয়া উত্তমরূপে হুড়ি দিয়া মাড়িয়া মিশ্রিত করিলেই মার্কারি আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Hg + I_2 = Hg_2I_2 \qquad Hg + I_2 = HgI_2$$

মারকিউরাস আয়োডাইড (ধূসর রংএর) — মারকিউরিক আয়োডাইড (লাল রংএর)

হাইড্রোজেনের প্রতি আয়োডিনের আসক্তি আছে কিন্তু ক্লোরিণ ও ব্রোমিনের তুলনায় তাহা মাত্রায় অতি কম। হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের বাষ্প মিশ্রিত করিয়া সূর্যালোকে ধরিলে বা রৌদ্রতাপে ধরিলে কোন বিক্রিয়া স ঘটিত হয় না মিশ্রণটিকে উত্তপ্ত করিলেও কোন বিক্রিয়া হয় না কিন্তু প্লাটিনাম ধাতুর অনুঘটক রূপে উপস্থিতিতে অধিক উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ও আয়োডিন আ শিকভাবে স যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন করে। $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$

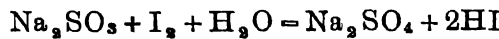
ক্ষার পদার্থের দ্রবণের সহিত আয়োডিন দুইভাবে ক্রিয়া করিযা থাকে। সাধারণ উষ্ণতায় পাতলা ক্ষার পদার্থের দ্রবণের সহিত সোডিয়াম আয়োডাইড এব সোডিয়াম হাইপো আয়োডাইট উৎপাদিত হয।

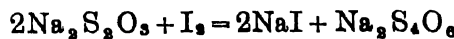
$$I_2 + 2NaOH = NaI + NaOI + H_2O$$

কিন্তু হাইপো আয়োডাইটগুলি অস্থায়ী যৌগ জলের সহিত ক্রিয়া করিযা ইহারা হাইপো আয়োডাস্ অ্যাসিড দিযা থাকে।

$$NaOI + H_2O \rightleftharpoons NaOH + HOI$$

অধিক উষ্ণতায় ক্ষারের গাঢ় দ্রবণে আয়োডিন যো। করিলে আয়োডাইড এব আয়োডেট্ উৎপন্ন হয়।

$$3I_2 + 6NaOH = 5NaI + NaIO_3 + 3H_2O$$

আয়োডিনের মৃদু জারণগুণ আছে ইহা হাইড্রোজেন সলফাইড হইতে সলফার মুক্ত করে $H_2S + I_2 = 2HI + S$ সলফার ডাই অক্সাইডকে জলের উপস্থিতিতে সলফিউরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত করে $SO_2 + I_2 + 2H_2O = 2HI + H_2SO_4$ সোডিয়াম সলফাইটের দ্রবণকে সোডিয়াম সলফেটের দ্রবণে রূপান্তরিত করে।

$$Na_2SO_3 + I_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HI$$

সোডিয়াম থায়োসলফেটের দ্রবণের সহিত আয়োডিন স স্পর্শে আসামাত্র বিক্রিয়া ঘটে আয়োডিনের র নষ্ট হয় এব সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেট ও সোডিয়াম আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।

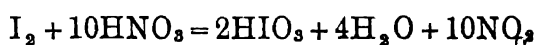
$$2Na_2S_2O_3 + I_2 = 2NaI + Na_2S_4O_6$$

সোডিয়াম থাযোসলফেট সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেট

আয়োডিন কোন ক্লোরাইড বা ব্রোমাইডকে বিশ্লিষ্ট করিয়া ক্লোরিণ বা ব্রোমিন পৃথক করিতে পারে না, কিন্তু পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে ক্লোরিণকে বিচ্ছিন্ন করে।

পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তাপ দ্বারা গলাইয়া তরল পটাসিয়াম ক্লোরেটে আয়োডিন যোগ করিতে হয় $2KClO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Cl_2$

শ্বেতসারের দ্রবণে সামান্য আয়োডিন যোগ করিলে দ্রবণের বর্ণ ঘোর নীল হয়। দ্রবণকে 89 সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার উপর উত্তপ্ত করিলে দ্রবণের নীল বর্ণ লোপ পাইয়া পূর্ব্বে বর্ণ ফিরিয়া আসে। দ্রবণকে পুনরায় ঠাণ্ডা করিলে নীলবর্ণ ফিরিয়া আসে। শ্বেতসার ও আয়োডিনের একটি অস্থায়ী যোগ (ষ্টার্চ আয়োডাইড বা ষ্টার্চ আয়োডিন যোগ—starch iodide or starch iodine compound) গঠিত হওয়ায় দ্রবণের বর্ণ গাঢ় নীল হয়।

গাঢ় এব উষ্ণ নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বাবা আয়োডিন জারিত হইয়া আয়োডিক অ্যাসিড দেয়।

$$I_2 + 10HNO_3 = 2HIO_3 + 4H_2O + 10NO_2$$

আয়োডিনের অভীক্ষণ ইহার বেগুনী বাষ্প ইহাকে সহজেই চিনাইয়া দেয়। বর্ণহীন শ্বেতসারের দ্রবণে আয়োডিন যোগ করিলে দ্রবণের বর্ণ গাঢ় নীল হয়। এই পরীক্ষা দ্বারা 50 লক্ষ ভাগ জলে 1 ভাগ আয়োডিন থাকিলেও তাহার অস্তিত্ব ধরা যায়। কার্বন ডাই সলফাইড কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ও ক্লোরোফর্মে ইহার যে দ্রবণ উৎপন্ন হয় তাহার বেগুনী র দেখিয়া ইহাকে সহজেই চেনা যায়।

আয়োডিনের ব্যবহার বীজাণুনাশক ঔষধ হিসাবে আয়োডিন এবং আয়োডিনের কোন কোন যোগ প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। টিংচার আয়োডিন (tincture of iodine) রূপে ইহাকে আমরা ব্যবহার করিয়া থাকি। ইহা প্রস্তুত করিতে অর্ধ আউন্স আয়োডিন অর্ধ আউন্স পটাসিয়াম আয়োডাইড এবং অর্ধ আউন্স জলের মিশ্রণে 95/ অ্যালকোহল যাগ করিয়া 1 পাঁইট করিতে হয়। ইহা ছাড়া আয়োডিন রঞ্জনশিল্পে এব আয়োডোফর্ম সোডিয়াম আয়োডাইড, পটাসিয়াম আয়োডাইড ও সিলভার আয়োডাইড প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষাগারে ইহা মৃদু জারক হিসাবে এব রাসায়নিক বিশ্লেষণে এব স শ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।

বিশেষ দ্রষ্টব্য যে উপায়ে হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় সেই উপায় অবলম্বন করিবা হাইড্রো ব্রোমিক বা হাইড্রো আয়োডিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় না। তাহার কারণ ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড হইতে উক্ত সলফিউরিক অ্যাসিডের

বিক্রিয়ার ফলে মুক্ত হাইড্রোব্রোমিক এবং হাইড্রো আয়োডিক অ্যাসিড বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করে এবং সালফিউরিক অ্যাসিডকে বিজারিত করে ও নিজে জারিত হইয়া ব্রোমিন্ এবং আয়োডিন উৎপন্ন করে।

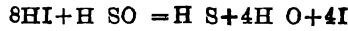
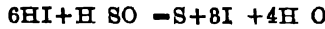
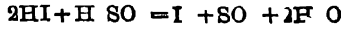
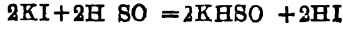
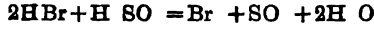
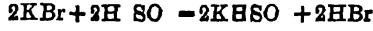
$$2KBr + 2H_2SO_4 = 2KHSO_4 + 2HBr$$

$$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + SO_2 + 2H_2O$$

$$2KI + 2H_2SO_4 = 2KHSO_4 + 2HI$$

$$2HI + H_2SO_4 = I_2 + SO_2 + 2H_2O$$

$$6HI + H_2SO_4 = S + 3I_2 + 4H_2O$$

$$8HI + H_2SO_4 = H_2S + 4H_2O + 4I_2$$

সেই কারণে অন্য এক উপায়ে এই দুইটি হ্যালোজেন হাইড্র্যাসিড (Halogen hydracid) প্রস্তুত করা হয়। হাইড্রো ব্রোমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে হইলে একটি ফ্লাস্কে লাল ফস্‌ফোরাস ও জলের মিশ্রণ লইয়া বিন্দুপাতন ফানেলের সাহায্যে উক্ত মিশ্রণের উপর তরল ব্রোমিন ফোঁটা ফোঁটা করিয়া যোগ করা হয়। তাহাতে হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের সাদা ধোঁয়া ব্রোমিনের বাদামী বাষ্পের সহিত মিশ্রিত হইয়া ফ্লাস্কে সংযুক্ত নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। এই অশুদ্ধ হাইড্রোজেন ব্রোমাইডকে একটি U নলের মধ্যস্থিত ভিজা লাল ফস্‌ফোরাসের ভিতর দিয়া অতিক্রম করান হয়।

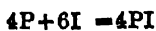
তাহাতে ব্রোমিনের বাষ্প শোষিত হয় এবং হাইড্রোজেন ব্রোমাইড গ্যাসীয় অবস্থায় U-নল হইতে বাহির হইয়া আসে। এই নির্গম নলের সহিত একটি উল্টান ফানেল যোগ করিয়া ফানেলের মুখটি একটি বড় বীকারে জলের ভিতর ডুবাইয়া রাখা হয়। তাহাতে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড শোষিত হয় এবং হাইড্রো ব্রোমিক অ্যাসিডের দ্রবণ উৎপন্ন হয়। শেষের দিকে ফ্লাস্কটিকে তার জালির উপর রাখিয়া বুনসেন দীপদ্বারা উত্তপ্ত করা হয় এবং সমগ্র হাইড্রোজেন ব্রোমাইড বাহির করিয়া লওয়া হয়। হাইড্রিয়ডিক অ্যাসিড (Hydriodic acid) প্রস্তুত করিতে ফ্লাস্কের ভিতর আয়োডিন এবং লাল ফস্‌ফোরাসের মিশ্রণ লইতে হয় এবং ফ্লাস্কের মুখে সংযুক্ত বিন্দুপাতন ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া জল উক্ত মিশ্রণের উপর ফেলা হয়। তাহাতে গ্যাসীয় হাইড্রোজেন আয়োডাইড আয়োডিনের বাষ্পের সহিত মিশ্রিত হইয়া বাহির হইয়া আসে। এই হাইড্রোজেন আয়োডাইড এবং আয়োডিনের মিশ্রণটি একটি U নলের ভিতরে অবস্থিত ভিজা লাল ফস্‌ফোরাসের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া আয়োডিনমুক্ত করা হয় এবং নির্গম নলের সহিত উল্টান ফানেল লাগাইয়া ফানেলের মুখ একটি বীকারে অবস্থিত জলে ডুবাইয়া হাইড্রিয়ডিক অ্যাসিডের দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়।

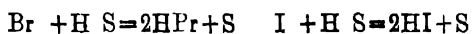
$$4P + 6Br_2 = 4PBr_3 \qquad 4P + 10Br_2 = 4PBr_5$$

$$PBr_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HBr$$

$$PBr_5 + 4H_2O = H_3PO_4 + 5HBr$$

$$4P + 6I_2 = 4PI_3$$

$$PI_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HI$$

হাইড্রিবডিক অ্যাসিডের প্রস্তুতিতে ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করার কোনই প্রযোজন হয না বরং ঠাণ্ডা জলে ডুবাইযা ফ্লাস্কটিকে বিক্রিযা সংঘটিত হইবার সময ঠাণ্ডা করিতে হয। ব্রোমিনেব দ্রবণে এবং আযোডিনযুক্ত জলে হাইড্রোজেন সলফাইড (H_2S) অতিক্রম করাইযা পবিস্রাবণদ্বারা সলফাব অপসারিত কবিলে যথাক্র ম হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড এবং হাইড্রিয়ডিক অ্যাসিডের দ্রবণ পাওযা যাইতে পাবে।

$$Br_2+H_2S=2HBr+S \quad I_2+H_2S=2HI+S$$

হ্যালোজেন গোষ্ঠীব তুলনামূলক আলোচনা

কতকগুলি ধর্মে হ্যালোজেন গোষ্ঠীর মৌলগুলি সমতা দেখাইযা থাকে আবার কতকগুলি ধর্মে তাহাদের পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সঙ্গে হ্রাসবৃদ্ধি দেখা যায়।

উল্লেখযোগ্য সমধর্ম সমূহ (i) হ্যালোজেন মৌলেব কোনটিই প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায না। (ii) মৌলগুলি সকলেই এক যোজী (iii) তাহাদের প্রত্যেকটির গন্ধ অতিশয খারাপ। (iv) ইহাদেব প্রত্যেকটিই হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং উক্ত অ্যাসিডগুলি প্রত্যেকটিই বর্ণহীন গ্যাস ও জলে খুবই দ্রাব্য এবং জলের দ্রবণগুলি তীব্র অ্যাসিড। (v) তাহারা সকলেই ধাতুর সহিত প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত হয়। (vi) ফ্লুয়োরিণ ছাড়া অন্য সমস্ত হ্যালোজেন মৌলই একই উপায়ে প্রস্তুত করা যায়। (vii) ফস্‌ফোরাসের সহিত সকলেই প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত হইয়া ফস্‌ফোরাসের হ্যালাইড উৎপন্ন করে।

নিম্নে যে সমস্ত ধর্ম পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সহিত হ্রাসবৃদ্ধি দেখাইযা থাকে তাহা দেখান হইল। একমাত্র জলে দ্রাব্যতা এই নিয়মের অধীন নয়। ফ্লুয়োরিণের জলে দ্রাব্যতা নির্ণয় করা যায় না কারণ ইহা জলের সহিত ক্রিযাশীল। ক্লোরিণেব জলে দ্রাব্যতা অপেক্ষা ব্রোমিনের দ্রাব্যতা সামান্য বেশী কিন্তু আয়োডিন জলে অতি সামান্যই দ্রবীভূত হয়।

পারমাণবিক ওজনবৃদ্ধির সহিত হ্যালোজেন মৌলগুলিব ধর্মেব হ্রাস বৃদ্ধি ৹

ধর্ম	ফ্লুয়োরিণ	ক্লোরিণ	ব্রোমিন	আয়োডিন
(1) পারমাণবিক ওজন	19	35 45	79 92	126 91
(2) অবস্থা	গ্যাস	গ্যাস	তরল	কঠিন
(3) বাষ্পের র	ফিকে সবুজ আভাবিশিষ্ট হলুদ	সবুজ আভাবিশিষ্ট হলুদ	বাদামী আভাযুক্ত লাল	বেগুনী
(4) গন্ধ	অতিশয় জ্বালা উৎপাদক খারাপ গন্ধ	জ্বালা উৎপাদক উগ্র গন্ধ	অতিশয় জ্বালা উৎপাদক উগ্র গন্ধ	চোখের এব নাকের জ্বালা-উৎপাদনকারী উগ্র গন্ধ
(5) জলে দ্রাব্যতা	জলকে বিশ্লিষ্ট করে	জলে সাধারণভাবে দ্রাব্য	জলের সাধারণ প্রকাব দ্রাব্য	জলে অতি সামান্য দ্রাব্য
(6) আপেক্ষিক গুরুত্ব	বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভাবী	বায়ু অপেক্ষা $2\frac{1}{2}$ গুণ ভাবী	তরলেব আপেক্ষিক গুরুত্ব 3 188 (0 সেন্টিগ্রেড)	কঠিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব 4 94

ধর্ম	ফ্লুয়োরিণ	ক্লোরিণ	ব্রোমিন	আয়োডিন
(7) হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া	অন্ধকারে এব অতি নিম্ন তাপে (তরল বায়ুর উষ্ণতায়) বিস্ফোরণ সহকারে হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়। $H_2+F_2=2HF$ উৎপন্ন হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড খুবই সুস্থিত যৌগ।	সূর্যালোকে বিস্ফোরণ সহকারে হাইড্রোজেনেব সহিত যুক্ত হয়। $H_2+Cl_2=2HCl$ উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড অপেক্ষা কম সুস্থিত যৌগ।	উত্তাপ প্রয়োগ করিলে ধীরে ধীরে হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়। $H_2+Br_2=2HBr$ উৎপন্ন হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উত্তাপে বিয়োজিত হয়।	অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেনের সহিত ধীরে ধীরে যুক্ত হয়। $H_2+I_2\rightleftharpoons 2HI$ উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়োডাইড অতি অল্প উত্তাপে বিয়োজিত হয়।
(8) জলের সহিত বিক্রিয়া	জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া ওজোনযুক্ত অক্সিজেন উৎপন্ন করে। $2H_2O+2F_2=4HF+O_2$ $3H_2O+3F_2=6HF+O_3$	সূর্যালোকে জলকে বিশ্লিষ্ট কবিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন কবে। $2H_2O+2Cl_2=4HCl+O_2$	সূর্যালোকে জলকে অতি ধীরে বিশ্লিষ্ট করিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে। $2H_2O+2Br_2=4HBr+O_2$	জলের সহিত আয়োডিনের কোন বিক্রিয়া কোন অবস্থাতেই হয় না।

পারমাণবিক ওজনবৃদ্ধির সহিত হ্যালোজেন মৌলগুলির ধর্মের হ্রাস বৃদ্ধি

ধর্ম	ফ্লুয়োরিণ	ক্লোরিণ	ব্রোমিণ	আয়োডিন
(9) বিরঞ্জক ধর্ম	জৈব দ্রব্যকে বিশ্লিষ্ট করে।	অতি সহজেই জৈব দ্রব্য ঘটিত র নষ্ট করে।	অতি ধীরে জৈব দ্রব্য ঘটিত র নষ্ট করে।	বিরঞ্জক গুণ একেবারেই নাই
(10) রাসায়নিক ধর্ম	সর্বাপেক্ষা বিক্রিয়াশীল। ক্লোরাইড ব্রোমাইড এব আয়োডাইডকে বিয়োজিত করিয়া ক্লোরিণ ব্রোমিন এব আয়োডিন উৎপন্ন করে।	ফ্লুয়োরিণ অপেক্ষা কম ক্রিয়াশীল। ব্রোমাইড এব আয়োডাইড হ ই তে ব্রোমিন আয়োডি মুক্ত করে	ক্লোরিণ অপেক্ষা কম ক্রিয়াশীল। আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মক্ত	সর্বাপেক্ষা কম ক্রিয়াশীল।
(11) ক্ষারের দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া — (ক) ঠাণ্ডা এব পাতলা দ্রাবণ	ফ্লুয়োরাইড এব ফ্লুয়োরিণ মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। $2F_2 + 2NaOH = 2NaF + F_2O + H_2O$	ক্লোরাইড এব হাইপো ক্লোরাইট উৎপন্ন হয় $2NaOH + Cl_2 = NaC + NaOCl + H_2O$	ব্রোমাইড এব হ ইপে ব্রোমাইট উৎপন্ন হয়। $2NaOH + Br_2 = NaBr + NaOBr + H_2O$	আয়োডাইড এব হাইপো-আয়োডাইট উৎপন্ন হয়। কিন্তু হাইপো আয়োডাইট জলদ্বারা বিশ্লিষ্ট হইয়া হা ই পো আ য়ো ড স্ অ্যাসিডে পরিণত হয়। $2NaOH + I_2 = NaI + NaOI + H_2O$ $NaOI + H_2O \rightleftharpoons NaOH + HOI$
(খ) গরম এবং ঘন দ্রবণ	ফ্লুয়োরাইড এব অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। $2F_2 + 4NaOH = 4NaF + 2H_2O + O_2$	ক্লার ইড ক্লোরেট উৎপন্ন হয়। $6NaOH + 3Cl_2 = 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$	ব্রোমাইড এব ব্রোমেট উৎপন্ন হয় $6NaOH + 3Br_2$ $5NaBr + NaBr + 3H_2O$	আয়োডাইড এব আয়োডেট উৎপন্ন হয়। $6NaOH + 3I_2 = 5NaI + NaIO_3 + 3H_2O$

পারমাণবিক ওজনবৃদ্ধির সহিত হ্যালোজেন যৌলগুলির ধর্মের হ্রাস বৃদ্ধি

ধর্ম	ফ্লুয়োরিণ	ক্লোরিণ	ব্রোমিন	আয়োডিন
12) ষ্টাচের দ্রবণের (Starch) সহিত বিক্রিয়া	ষ্টাচের দ্রবণের জলের সহিত বিক্রিয়া সংঘটিত হয়।	ষ্টাচের দ্রবণের রং এর কোন পরিবর্তন হয় না	ষ্টাচের দ্রবণের কমলালেবুর মত রং হয়।	ষ্টার্চের দ্রবণের নীল রং হয়।
13) অক্সাইডের সংখ্যা এবং স্থায়িত্ব	দুইটি অক্সাইড জানা আছে যথা F_2O এবং F_2O	চারিটি অক্সাইড জানা আছে কিন্তু সমস্ত অক্সাইডগুলিই দুস্থিত যথা Cl O ClO Cl O_6 Cl O	অতিশয় দুস্থিত অক্সাইড তিনটি জানা গিয়াছে যথা—Br O BrO Br_3O_8	তিনটি সুস্থিত অক্সাইড জানা আছে। যথা—IO_2 I O_9 এবং I_2O_5
14) অক্সি অ্যাসিড সমূহ	কোনও অক্সি অ্যাসিড জানা নাই।	হাইপো ক্লোরাস (HOCl) ক্লোরাস ($HClO_2$) এবং ক্লোরিক অ্যাসিড ($HClO_3$) জলীয় দ্রবণ হিসাবে পাওয়া যায় কিন্তু পারক্লোরিক (HClO) অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়।	হাইপো ব্রোমাস্ (HOBr) এবং ব্রোমিক অ্যাসিড ($HBrO_3$) জলীয় দ্রবণ হিসাবে পাওয়া যায়।	হাইপো আয়োডস্ অ্যাসিডের (HOI) জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায় কিন্তু আয়োডিক অ্যাসিড (HIO_3) এবং নানাপ্রকার পারআয়োডিক অ্যাসিড (HIO_4 H_5IO_6 $H_4I_2O_9$) কঠিন কেলাসিত সুস্থিত যৌগ হিসাবে পাওয়া যায়।

Questions

1 Describe Moissan s method of preparation of fluorine How is fluorine prepared now a days? Give a comparative account of Moissan s method and the modern method employed in the prepara tion of fluorine Mention the reaction with equation that occurs when fluorine is passed through a 2/ solution of caustic soda What product is obtained by passing fluorine through sodium carbo nate solution ?

১। ময়সাঁর পদ্ধতি দ্বারা ফ্লুয়োরিনের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। বর্তমানে কিভাবে ফ্লুয়োরিণ প্রস্তুত করা হয়? ময়সাঁর পদ্ধতি ও বর্তমান পদ্ধতির তুলনামূলক আলোচনা কর। কষ্টিক সোডার ২/ দ্রবণের ভিতর দিয়া ফ্লুয়োরিণ অতিক্রম করাইলে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া হয় তাহা সমীকরণ সহকারে উল্লেখ কর। সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া ফ্লুয়োরিণ অতিক্রম করাইলে কোন্ দ্রব্য উৎপন্ন হয়।

2 Describe the method of preparation of anhydrous hydrofluoric acid What are the uses of hydrofluoric acid ? Describe the method of etching glass with hydrofluoric acid Why an aqueous solution of hydrofluoric acid cannot be kept in a glass bottle ?

২। অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিবার প্রণালী বর্ণনা কর। হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড কোন্ কোন্ স্থলে ব্যবহৃত হইয়া থাকে? হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিড দ্বারা কাচের উপর লেখা খোদাই করার পদ্ধতি বর্ণনা কর। হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের জলের দ্রবণ কাচের পাত্রে রাখা যায় না কেন?

3 Discuss the natural occu rence of bromine How is it manu factured ? Describe with equations the reactions that occur when bromine is added to the aqueous solution of the following —(*a*) sulphur dioxide (*b*) sodium sulphite (*c*) potassium iodide (*d*) ferrous sulphate and (*e*) sodium hydroxide

৩। ব্রোমিনের প্রাকৃতিক অবস্থান বর্ণনা কর। ইহার পণ্য উৎপাদন কিভাবে সাধিত হয়? নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির জলীয় দ্রবণের সহিত ব্রোমিন যোগ করিলে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া হয় তাহা সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর —(ক) সালফার ডাই অক্সাইড (খ) সোডিয়াম সালফাইট (গ) পটাসিয়াম আয়োডাইড (ঘ) ফেরাস সালফেট এবং (ঙ) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড।

4 Bromine vapour and nitrogen peroxide are similar in appearance Show experimentally the chemical difference existing between them Write what you know about uses of bromine

৪। ব্রোমিনের বাষ্প এবং নাইট্রোজেন পার অক্সাইড গ্যাস দেখিতে একই প্রকার। দুইটির ভিতর যে রাসায়নিক পার্থক্য বিদ্যমান তাহা পরীক্ষামূলকভাবে দেখাও। ব্রোমিনের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

5 How is iodine manufactured from sea weeds ? Describe the method of purification of iodine so manufactured State the properties and uses of iodine

৫। সামুদ্রিক উদ্ভিদ হইতে কিভাবে আয়োডিনের পণ্য উৎপাদন সাধিত হয়? উৎপন্ন আয়োডিনের বিশুদ্ধি সম্পাদন বর্ণনা কর। আয়োডিনের ধর্মাবলী এবং ব্যবহার উল্লেখ কর।

6 Describe with equation the method of manufacture of iodine from chile saltpetre (caliche) What changes are noticed to take place when iodine is heated ?

Describe with equation the reactions that occur when iodine is added to the aqueous solution of the following substances —(*a*) hydrogen sulphide (*b*) sulphur dioxide (*c*) sodium carbonate (*d*) sodium sulphite (*e*) sodium thiosulphate and (*f*) caustic soda

৬। চিলি হইতে প্রাপ্ত সোডিয়াম নাইট্রেট (ক্যালিচি) হইতে আয়োডিনের পণ্য উৎপাদন সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর। আয়োডিনে উত্তাপ দিলে কি পরিবর্তন দেখা যায়?

নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির জলীয় দ্রবণে আয়োডিন যোগ করিলে যে বিক্রিয়া ঘটে তাহা সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর —(ক) হাইড্রোজেন সলফাইড (খ) সলফার ডাই অক্সাইড (গ) সোডিয়াম কার্বনেট (ঘ) সোডিয়াম সলফাইট (ঙ) সোডিয়াম থায়োসলফেট (চ) কষ্টিক সোডা।

7 What are halogen elements ? Why are they so called ? The halogen elements show a gradation in their physical and chemical properties with increase in their atomic weights —Discuss the statement in all details

৭। হ্যালোজেন মৌল কাহাদের বলে? এই নামে তাহারা কেন অভিহিত হয়? হ্যালোজেন মৌলগুলির ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মগুলি তাহাদের পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সহিত হ্রাসবৃদ্ধি দেখাইয়া থাকে—ইহা বিশদভাবে আলোচনা করিয়া দেখাও।

8 Describe the general method of preparation of the halogen elements chlorine bromine and iodine Can hydobromic acid and hydriodic acid be prepared by the same method as hyrchloric acid? If not why not?

৮। ক্লোরিণ ব্রোমিন ও আয়োডিন প্রস্তুতের সাধারণ পদ্ধতি বর্ণনা কর। যে পদ্ধতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় সেই পদ্ধতি প্রয়োগে কি হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড ও হাইড্রিয়ডিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়? যদি না যায় তবে তাহার কারণ উল্লেখ কর।

সপ্তবিংশ অধ্যায়

সলফার ও তাহার যৌগসমূহ

(ক) সলফার (গন্ধক)

সংকেত—S পারমাণবিক ওজন—32 ; অণুর সংকেত—S_8 (468 সেণ্টিগ্রেড) S_6 (524 সেণ্টিগ্রেড) S_2 (850 সেণ্টিগ্রেড)।

ভারতে সলফার গন্ধক নামে অভিহিত হয় এবং এই দেশে ইহার ব্যবহার বহু প্রাচীনকাল হইতেই চলিয়া আসিতেছে। ইহার সংস্কৃত নাম শূল্বভেরী এই নামের অর্থ হইতেছে তামার শত্রু। তামার সহিত গন্ধক মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে তামা নষ্ট হইয়া যায়। খ্রীষ্টজন্মের 800 বৎসর পূর্বে হিন্দুগণ সলফারের ব্যবহার অবগত ছিলেন এবং চিকিৎসাশাস্ত্রে ও বিভিন্ন শিল্পে ইহার ব্যবহার প্রচলিত ছিল।

অবস্থান সলফার বা গন্ধক মুক্তাবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে ইহা যথেষ্ট পরিমাণে দেখিতে পাওয়া যায়। সিসিলি ও জাপানে ইহা প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায় বটে কিন্তু যুক্তরাষ্ট্রে (U S A) ইহার সর্বাপেক্ষা বৃহৎ খনি অবস্থিত। পৃথিবীতে যতটা সলফার প্রয়োজন হয় তাহার 4/5 অংশ আমেরিকা হইতে আসে। ইহা ছাড়া ধাতব সলফাইড এবং সলফেটরূপেও প্রকৃতিতে যথেষ্ট সলফার বর্তমান আছে। প্রাকৃতিক সলফাইডগুলির সংকেতসহ নাম নিম্নে উল্লেখ করা হইল —

(1) আয়রন পাইরাইটিস FeS_2 (Iron Pyrites)

(ii) কপার পাইরাইটিস Cu_2S Fe_2S_3 (Copper Pyrites)

(iii) গেলেনা PbS (Galena)

(iv) জিঙ্ক ব্লেণ্ড ZnS (Zinc blende)

(v) সিনেবার HgS (Cinnabar হিঙ্গুল চিনা সিন্দুর)

(vi) রিয়েলগার, As_2S_2 (Realgar)

(vii) অর্পিমেণ্ট As_2S_3 (Orpiment) ইত্যাদি।

প্রাকৃতিক সলফেটগুলির মধ্যে উল্লেখযোগ্য—

(i) জিপসাম $CaSO_4$ $2H_2O$ (Gypsum)

(ii) বেরাইটেস হেভিস্পার, $BaSO_4$ (Barytes or heavyspar)

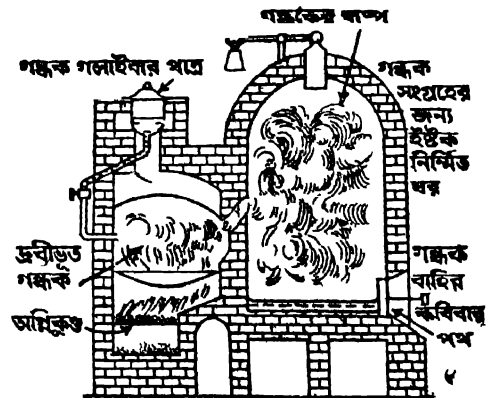
(iii) কাইসেরাইট $MgSO_4$ H_2O (Kieserite) ইত্যাদি।

ইহা ছাড়াও অনেক জৈব পদার্থে সলফারের যৌগ দেখিতে পাওয়া যায়। পেঁয়াজ রসুন সরিষার তৈল মাথার চুল ডিম প্রভৃতিতে সলফারের যৌগের অস্তিত্ব দেখা যায়। চুল আগুনে পোড়াইলে গন্ধকপোড়া গন্ধ (সলফার ডাই অক্সাইডের গন্ধ) পাওয়া যায়।

ভারতে সলফারের খুবই অভাব। সলফারের যৌগ আয়রন পাইরাইটিস সামান্য পরিমাণে বিহারে উড়িষ্যায় এবং আসামে পাওয়া যায়। কিন্তু মৌল অবস্থায় সলফার ভারতে একেবারেই পাওয়া যায় না। সেই কারণে ভারতকে বিদেশ হইতে সলফার আমদানি করিতে হয়।

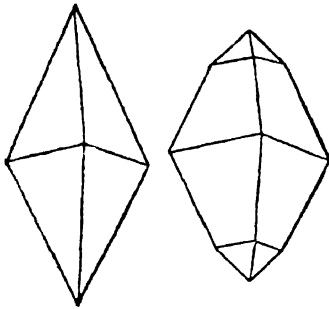
সলফার উৎপাদন প্রকৃতিতে মৌলাবস্থায় সলফার পাওয়া যায় বলিয়া উহাকে উহার যৌগ হইতে প্রস্তুত করার প্রয়োজনই হয় না। কোন কোন দ্রব্যের পণ্যোৎপাদনের উপজাত হিসাবে সামান্য পরিমাণ গন্ধক নিষ্কাশিত করা হইলেও প্রাকৃতিক সলফার (যাহা অন্যান্য পদার্থের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় সংগ্রহ করা হয়) বিশুদ্ধ করিয়া লইয়া বাজারে পাঠানো হয়। পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে প্রধানত সিসিলি এবং আমেরিকা—এই দুই স্থান হইতেই সলফার সংগ্রহ করা হয়। সিসিলিতে পাহাড়ের ধাপে ধাপে গন্ধক জমা হইয়া থাকে এবং সেখান হইতে চাঁচিয়া পাথরকুচি বালি কাদা জিপসাম প্রভৃতির সহিত মিশ্রিত অবস্থায় লইয়া আসা হয় এবং পরে নিম্নে লিখিত উপায়ে সংশোধিত করিয়া বাজারে পাঠানো হয়। আমেরিকায় ভূপৃষ্ঠের প্রায় 800 ফুট নীচে গন্ধক পাওয়া যায় এবং সেখান হইতে নিম্নে বর্ণিত উপায়ে উহা সংগ্রহ করা হয়।

(1) **সিসিলীয় সলফার নিষ্কাশন-পদ্ধতি** সিসিলি দ্বীপ হইতে স গৃহীত সলফারে মাত্র শতকরা 20—25 ভাগ বিশুদ্ধ সলফার থাকে। পাথরকুচি বালি, জিপ সাম প্রভৃতি অশুদ্ধি হইতে সলফার পৃথক কবিবার জন্য পাহাড়ের ঢালু গায়ে ইষ্টকনির্মিত গোলাকার ভ াটির (calcaroni) মধ্যে অশুদ্ধ সলফার স্তূপীকৃত করিযা রাখিয়া স্তূপের উপরের অ শে আগুন ধবাইয়া দেওয়া হয়। ইহাতে স্তূপেব উপরকার সলফার আ শিকভাবে পুড়িযা যায় আর তাহাব ফলে উৎপন্ন তাপে অবশিষ্ট সলফার গলিযা যায় এব ঢালু মেঝে দিয়া গড়াইযা আসিষা নীচে অবস্থিত একটি চৌবাচ্চায় জমা হয। অশুদ্ধিগুলির অধিকা শ উপবেই থাকিয়া যায়। ইহাতে অনেকটাই সলফাব (প্রায় 1/3 অ শ) অপচয হয় কিন্তু ইটালীতে জ্বালানী কাঠ ও কযলার খুবই অভাব বলিয়া ইহা ছাড়া অন্য উপায় সেখানে অবলম্বন করা যায় না। এই উপাযে প্রাপ্ত সলফাবে শতকরা 5—7 ভাগ মাটি এব অন্যান্য অশুদ্ধি মিশ্রিত থাকে। পাতনক্রিযা দ্বাবা এই সলফাবকে বিশুদ্ধ কবা প্রয়োজন কিন্তু ইটালীতে জ্বালানী কাঠ ও কযলার অভাবে সেখানে ইহার শোধন সম্ভব হয় না ফ্রান্সেব দক্ষিণে অবস্থিত মার্সাই (Marseilles) বন্দরে এই অশুদ্ধ সলফার চালান দেওযা হয়। সেখানে ইহা নিম্নলিখিত উপায়ে পাতনক্রিযা দ্বারা শোধন কবা হয় —

অশুদ্ধ গন্ধককে উপযুক্ত বড় লোহার পাত্রে গলানো হয। গলিত সলফার অত পর উপরের লোহাব পাত্রে স যুক্ত নল দিয়া গড়াইযা একটি লোহার বকযন্ত্রে যায়। সেখানে চুল্লীর আগুনে উহাকে উত্তপ্ত কবা হয়। 444 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সলফার ফুটিতে থাকে এব উৎপন্ন সলফারের বাষ্প একটি বৃহৎ ইষ্টকনির্মিত প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে। সেখানে ঠাণ্ডা দেওয়ালের গায়ে উহা হলুদ গু ড়ার আকাবে প্রথমে জমা হয়। ইহাকে গন্ধক রজ (flowers of sulphur) বলে। পরে প্রকোষ্ঠের উষ্ণতা বাড়িয়া গিয়া 113 সেন্টিগ্রেডে পৌছিলে হলুদে

চিত্র ন 54

গুঁড়া গলিয়া যায় এবং তরল সলফার প্রকোষ্ঠের মেঝেতে জমা হয়। গলিত গন্ধককে একটি নির্গম নল দিয়া বাহির করিয়া লইয়া গোল ছাঁচে ঢালিয়া কঠিন করা হয়। ইহাকে **বাতি গন্ধক** (Roll sulphur) বলে। বাতি গন্ধককে গুঁড়া করিয়া কার্বন ডাই সলফাইডে (CS_2) দ্রবীভূত করিয়া দ্রবকে ছাঁকিয়া পরিস্রুতকে বাতাসে রাখিয়া কার্বন ডাই সলফাইড বাষ্পীভূত করিয়া তাড়াইলে অতি বিশুদ্ধ রম্বিক (Rhombic) সলফার পাওয়া যায়।

(২) **আমেরিকান পদ্ধতি** লুইসিআনাতে (Louisiana) মুক্ত সলফারের স্তর প্রায় 800 ফিট গভীরতার খনিতে চুনাপাথরের স্তরের নীচে দেখিতে পাওয়া যায়। এই গন্ধক মাটি খুঁড়িয়া তুলিয়া আনা দুঃসাধ্য কারণ খননকালে বালির স্তর ধ্বসিয়া যায়। তাই ফ্রাস (Frash) নামক একজন ইঞ্জিনিয়ারের আবিষ্কৃত এক অভিনব পদ্ধতিদ্বারা এই সলফার উপরে তুলিয়া আনা হয়।

চিত্র নং 55

বিভিন্ন ব্যাসের তিনটি এককেন্দ্রীয় নল (Coaxial tubes) একটি গর্ত সলফারের স্তর পর্যন্ত খুঁড়িয়া তাহার ভিতর দিয়া খনিতে প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয়। বহিঃস্থ নলটি দিয়া অতিতপ্ত জল 180 সেন্টিগ্রেডে এবং পাম্পের সাহায্যে 10—18 বায়ুচাপে (atmospheres) প্রবেশ করাইয়া সলফারের স্তরের সংস্পর্শে আনা হয়। অতিতপ্ত জল সলফারকে গলাইয়া দেয়। সকলের মধ্যস্থলে যে নলটি থাকে তাহার ভিতর দিয়া অত্যন্ত উচ্চ চাপে (35 বায়ু চাপ) বায়ু পাম্পের সাহায্যে নীচে পাঠানো

গন্ধক সংগ্রহের ফ্র্যাস পদ্ধতি

চিত্র নং 56

হয়। এই উচ্চ চাপের বায়ু গলিত সলফারের ভিতর দিয়া বুদ্বুদের আকারে পরিচালিত হয় এবং সলফারকে ফেনায়িত করে। মধ্যবর্তী তৃতীয় নলটি দিয়া এই সলফার ফেনা উপরে উঠিয়া আসে। বড় বড় কাঠের পিপায় গলিত সলফারকে ধরিয়া শীতল করা হয় এব জল উপিয়া যাওয়ার পর কঠিন সলফার পাওয়া যায়। এই সলফারের বিশুদ্ধতা শতকরা প্রায় 96 5 ভাগ। কাজেই এই একই পদ্ধতিতে সলফারের নিষ্কাশন ও বিশুদ্ধীকরণ উভয় প্রক্রিয়াই নিষ্পন্ন হয়।

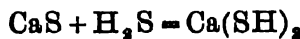
(৩) **উপজাত সলফার**

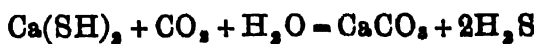
(ক) লে ব্ল্যাঙ্ক (Le blanc) পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের পণ্য উৎপাদন সময়ে লৌহনির্মিত চৌবাচ্চায় জলের সাহায্যে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবীভূত করিয়া অপসারিত করিবার পর ক্ষারীয় অবশেষ (alkali waste) হিসাবে ক্যালসিয়াম সলফাইড (CaS) অদ্রাব্য পদার্থরূপে পড়িয়া থাকে। যদিও পরীক্ষাগারে প্রস্তুত ক্যালসিয়াম সলফাইড জলে দ্রবণীয় কিন্তু এখানে চুল্লীর উত্তাপে উৎপন্ন বলিয়া ইহা জলে দ্রবীভূত হয় না।

এই ক্যালসিয়াম সলফাইড লৌহের পাত্রে লইয়া জলের সহিত মেশানো হয় এব এই মিশ্রণের ভিতর দিয়া চুনের ভাটি হইতে উৎপন্ন কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করানো হয়। তাহাতে সলফিউরেটেড হাইড্রোজেন (H_2S) গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$CaS + CO + H_2O = CaCO_3 + H_2S$$

এই উৎপন্ন H_2S এর সহিত অত্যধিক পরিমাণ নাইট্রোজেন (চুনের ভাটিতে যে বায়ুপ্রবাহ থাকে তাহা হইতে উৎপন্ন) মিশ্রিত থাকে। সেই কারণে এই উৎপন্ন H_2S অন্য একটি পাত্রে অবস্থিত জল এব উক্ত ক্যালসিয়াম সলফাইডের মিশ্রণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করানো হয়। তাহাতে ক্যালসিয়াম হাইড্রো-সলফাইড উৎপন্ন হয়।

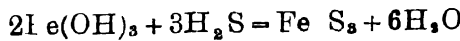
$$CaS + H_2S = Ca(SH)_2$$

পরে এই ক্যালসিয়াম হাইড্রো সলফাইডের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করাইলে যে গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহাতে পূর্বের H_2Sএর দ্বিগুণ H_2S থাকে।

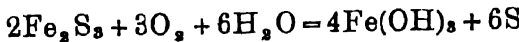
$$Ca(SH)_2 + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + 2H_2S$$

এইবারে উৎপন্ন H_2S কে স্বল্প বায়ুতে পোড়াইলে সলফার পাওয়া যায়।

$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S$$

যেহেতু লে ব্ল্যাঙ্ক পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের পণ্য উৎপাদন প্রায় অপ্রচলিত হইয়া আসিয়াছে সেই কারণে বর্তমানে এই পদ্ধতিতে সলফার উপজাত হিসাবে উৎপাদনও অপ্রচলিত।

(খ) কয়লার অন্তর্ধূম পাতনের (Destructive distillation) দ্বারা উৎপন্ন কোল গ্যাসে কার্বন ডাই সলফাইডের বাষ্প এবং হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস মিশিয়া থাকে। সূক্ষ্ম নিকেলের গুঁড়ার উপর দিয়া কোল গ্যাস অতিক্রম করাইলে কোল গ্যাসের হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ার ফলে কার্বন ডাই সলফাইড হইতে হাইড্রোজেন সলফাইড উৎপন্ন হয়। তখন আর্দ্র ফেরিক অক্সাইডের উপর দিয়া কোল গ্যাস পরিচালিত করিলে উক্ত আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড হাইড্রোজেন সলফাইড শোষণ করিয়া ফেরিক সলফাইডে পরিবর্তিত হয়।

$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O$$

যখন আর্দ্র ফেরিক অক্সাইডের H_2Sকে শোষণ করিবার ক্ষমতা চলিয়া যায় তখন যে ফেরিক সলফাইড উৎপন্ন হইয়াছে তাহাকে বাতাসের সংস্পর্শে রাখিয়া দিলে উহা পুনরায় আর্দ্র ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয় এবং সলফার উৎপাদিত হইয়া উহার সহিত মিশিয়া থাকে।

$$2Fe_2S_3 + 3O_2 + 6H_2O = 4Fe(OH)_3 + 6S$$

এই উৎপন্ন আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড পুনরায় ব্যবহার করা হয়। এইভাবে যতক্ষণ পর্যন্ত না আর্দ্র ফেরিক অক্সাইডের H_2Sকে শোষণ করিবার ক্ষমতা একেবারে নিঃশেষিত হইয়া যায় ততক্ষণ তাহাকে ব্যবহার করা হয়। নিঃশেষিত আর্দ্র ফেরিক অক্সাইডে (Spent oxide of iron) শতকরা 50 ভাগ সলফার Fe_2S_3 হিসাবে থাকে। ইহাকে বাতাসের সংস্পর্শে রাখিয়া মৌল সলফার উৎপাদন করা হয়। কোন কোন সময় ইহা হইতে সলফার সংগ্রহ করা হয়, আবার অন্য সময় ইহাকে বায়ুতে পোড়াইয়া সলফার ডাই অক্সাইড উৎপাদন করা হয় এবং সেই সলফার ডাই অক্সাইড হইতে সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন সাধিত হয়।

(গ) কপার জিঙ্ক লেড প্রভৃতি ধাতু তাহাদের সলফাইডরূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। এই সকল খনিজ সলফাইড হইতে ধাতু নিষ্কাশনের সময় অনেক

সলফার ডাই অক্সাইড উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। এই সলফার ডাই অক্সাইড গ্যাস শ্বেততপ্ত কোকের (Coke) উপর দিয়া অতিক্রম করাইলে সলফারের বাষ্প উৎপন্ন হইয়া কার্বন ডাই অক্সাইডের সহিত মিশিয়া থাকে। উক্ত বাষ্পকে শীতল করিলেই কঠিন সলফার পাওয়া যায়।

$$C + SO_2 = CO_2 + S$$

সলফারের রূপভেদ —

কার্বন এবং ফস্‌ফোরাসের ন্যায় সলফারও একটি বহুরূপী মৌল। সলফারের দুইটি স্ফটিকাকার এবং দুইটি অনিয়তাকার রূপ আছে। স্ফটিকাকার রূপ দুইটি (i) **রম্বিক (Rhombic)** এবং (ii) মনোক্লিনক (Monoclinic) বা প্রিস্‌ম্যাটিক (Prismatic)। অনিয়তাকার রূপ দুইটি (iii) প্লাষ্টিক (Plastic) এবং (iv) দুগ্ধশ্বেত সলফার (milk of sulphur)। ইহা ছাড়াও কলয়েডাল সলফারকে (Colloidal sulphur) সলফারের একটি অনিয়তাকার রূপ হিসাবে ধরা হয়। এই সকল বিভিন্নরূপী সলফারের রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য বিশেষ নাই তবে উহাদের অবস্থাগত ধর্মের ভিতর যথেষ্ট বিভেদ দেখা যায়। (i) রম্বিক সলফার প্রস্তুত করার প্রণালী পূর্বেই বর্ণিত হইয়াছে এবং সেখানে ছবিতে ইহার রূপও প্রদর্শিত হইয়াছে (৩০২ পৃ দেখ)। ইহার স্ফটিকে আটটি পৃষ্ঠতল আছে। সেইজন্য ইহাকে অষ্টতলা (Octahedral) সলফারও বলা হয়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2.05। ইহাকে খুব তাড়াতাড়ি উত্তপ্ত করিলে ইহা 112.8 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় গলিয়া যায়। কিন্তু ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে ইহা 95.5 সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় মনোক্লিনিক সলফারে পরিণত হয় এবং তখন 119.5 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় গলিয়া থাকে। ইহা কার্বন ডাই সলফাইডে দ্রবীভূত হয়। (ii) মনোক্লিনিক বা প্রিসম্যাটিক সলফার প্রস্তুত করিতে হইলে রম্বিক সলফার গুঁড়া করিয়া একটি পোর্সিলেনের মুচিতে ভর্তি করিয়া লওয়া হয় এবং ধীরে ধীরে উত্তাপ প্রয়োগ করিয়া ইহাকে একটি হলুদবর্ণের তরল পদার্থে পরিণত করা হয়। এই গলিত সলফারকে ধীরে ধীরে শীতল করিলে উহার উপর একটি সর জমা হয়। এই অবস্থায় একটি সূচ দিয়া সরের উপর ছিদ্র করিয়া নিম্নস্থ অবশিষ্ট তরল সলফার ঢালিয়া বাহির করিয়া লওয়া হয়। তখন দেখা যায় যে মুচির গায়ে সূচের মত দীর্ঘাকৃতি স্বচ্ছ স্ফটিকাকার সলফার লাগিয়া আছে। ইহাই মনোক্লিনিক সলফার। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.98। ইহা 119.5° উষ্ণতায় গলিয়া যায়। মনোক্লিনিক সলফারও কার্বন ডাই সল-

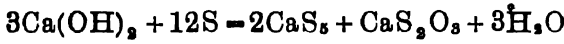
কাইডে দ্রবীভূত হয়। 95 5 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার নিম্ন উষ্ণতায় ইহা রম্বিক সলফারে রূপান্তরিত হয়। এইজন্য 95 5 হইতে 119 5 উষ্ণতা পর্যন্ত মনোক্লিনিক সলফারের অস্তিত্ব। 95 5 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতাকে সলফারের পরিবর্তাঙ্ক (Transition temperature) বলে কারণ রম্বিক সলফারকে 95 5 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার উপর উত্তপ্ত করিলে উহা মনোক্লিনিক সলফারে পরিবর্তিত হয় এব মনোক্লিনিক সলফারকে 95 5 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার নীচে ঠাণ্ডা করিলেই উহা রম্বিক সলফারে পরিণত হয়।

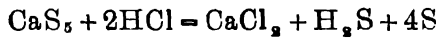
$$\underset{\text{rhombic}}{S} \overset{95\ 5}{\rightleftarrows} \underset{\text{monoclinic}}{S}$$

(ii) প্লাষ্টিক সলফার প্রস্তুত করিতে হইলে একটি শক্ত কাচনলে (Hard glass test tube) কিছু সলফারের গুড়া লইয়া উহাকে উত্তপ্ত করা হয়। প্রথমে 119 5 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উহা গলিয়া ঈষৎ হরিদ্রাবর্ণের তরলে পরিণত হয়। আরও উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে উহার র গাঢ় হইতে থাকে। ক্রমশ 180 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় তরলভাব কাটিয়া গিয়া গাঢ়ত্ব আসে এব 230 সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় গাঢ়ত্ব আরও বাড়িয়া যায় এব পদার্থটি প্রায় কৃষ্ণবর্ণ ধারণ করে। গাঢ়ত্ব বৃদ্ধির ফলে এই অবস্থায় কাচনলটি উপুড় করিয়া দিলেও সলফার সহজে গড়াইয়া পড়ে না। আরও উত্তপ্ত করিলে গাঢ়ত্ব কমিয়া যায় এব র একই থাকিলেও সলফার তরল অবস্থায় আসে। পরে 444 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় তরল সলফার ফুটিতে আরম্ভ করে এব লাল র এর সালফার বাষ্প উৎপন্ন হয়। শক্ত কাচনলে অবস্থিত সলফারকে প্রায় স্ফুটনাঙ্ক (444 সেন্টিগ্রেড) পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া ফুটন্ত তরল সলফারকে একটি বীকারে ঠাণ্ডা জল লইয়া তাহার ভিতর সূতার আকারে ঢালিয়া দেওয়া হয়। তখন রবারের মত নমনীয় প্লাষ্টিক সলফার পাওয়া যায়। সলফারের এই রূপ নরম এবং রবারের মত স্থিতিস্থাপক। ইহার র ছাই এর মত। ইহাকে টানিয়া লম্বা সূতার আকারে পরিবর্তিত করা যায় বা আঙ্গুলের সাহায্যে যে কোন ভাবে বাঁকানো যায়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1 95। ইহা জলে এব কার্বন ডাই সলফাইডে অদ্রাব্য। রাখিয়া দিলে সাধারণ উষ্ণতায় ইহা ধীরে ধীরে শক্ত হইয়া যায় এব ক্রমশ রম্বিক সলফারে পরিবর্তিত হয়।

দ্রষ্টব্য তরল সলফার λ সলফার এবং μ সলফার নামক সলফারের দুইটি বিভিন্ন রূপের মিশ্রণ। সলফারের এই দুইটি রূপ পূর্বে বর্ণিত রূপগুলি হইতে পৃথক।

(iv) দুগ্ধশ্বেত সলফার প্রস্তুত করিতে নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বিত হয়। সলফারের গুড়াকে চুনগোলার (milk of lime) সহিত ফোটান হয়। তাহাতে ক্যালসিয়াম পেণ্টাসলফাইড (Calcium pentasulphide CaS_5) এবং ক্যালসিয়াম থায়োসলফেট উৎপন্ন হয়।

$$3Ca(OH)_2 + 12S = 2CaS_5 + CaS_2O_3 + 3H_2O$$

মিশ্রণটি থিতাইতে দেওয়া হয়। থিতাইলে উপর হইতে পরিষ্কার লালচে বাদামী র এর দ্রবণ ঢালিয়া দেওয়া হয়। পরে উক্ত দ্রবণে পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে সূক্ষ্ম দুগ্ধশ্বেত সলফাব অধ ক্ষিপ্ত হয়।

$$CaS_5 + 2HCl = CaCl_2 + H_2S + 4S$$

ইহার বর্ণ দুগ্ধধবল। ইহাব আপেক্ষিক গুরুত্ব 1 82। ই। জলে অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাই সলফাইডে দ্রাব্য। উত্তপ্ত করিলে ইহা ‑লুদবর্ণের বম্বিক গন্ধকে পবিণ‑ হয়। ইহা ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়।

আব এক প্রকার সাদা সলফার গন্ধক রজকে (flowers of sulphur) কার্বন ডাই সলফাইডে দ্রবীভূত কবিবার সময় যেটুকু অ শ অদ্রাব্য থাকে তাহাই।

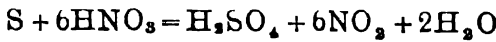
(v) কলয়েডাল (Colloidal) সলফার পাইতে হইলে বম্বিক সলফারকে অ্যালকোহলে দ্রবীভূত করিয়া সেই দ্রবণকে অতিরিক্ত ঠাণ্ডা জলে ঢালিয়া দেওয়া হয়। জলের দুধেব মত ঘোলাটে সাদা ব হয় এব৲ তাহাতে সলফারের অতি সূক্ষ্ম গুড়া ভাসমান অবস্থায় থাকে। এই অবস্থায় সলফারের কণাগুলি এত ছোট যে ফিলটার কাগজের সাহায্যে উহাদের ছাঁকিয়া লওয়া যায় না। ঠাণ্ডা জলে সলফার ডাই অক্সাইড অতিক্রম করাইয়া সলফার ডাই অক্সাইডের স পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া তাহাব ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড অতিক্রম করাইলে কলয়েডাল সলফার পাওয়া যায়। $SO + 2H S = 2H O + 3S$

আবার সোডিয়াম থায়োসলফেটের পাতলা দ্রবণে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া দ্রবণকে আম্লিক অবস্থায় আনিলেও কলয়েডাল সলফার উৎপন্ন হয়।

$$Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + SO_2 + H_2O + S$$

সলফারের যত প্রকার রূপ আছে তাহাতে একই মৌল সলফার বিদ্যমান থাকে এব৲ অন্য কিছু তাহার সহিত মিশিয়া থাকে না। ইহা প্রমাণ করিতে হইলে নির্দিষ্ট পরিমাণ (যেমন একগ্রাম পরিমাণ) যে কোন রূপের সলফার যখ

নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হয়। সমস্ত সলফার যখন অন্তর্হিত হয় তখন দ্রবণে সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

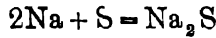
$$S + 6HNO_3 = H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$$

এই উৎপন্ন সলফিউরিক অ্যাসিডে যথেষ্ট পরিমাণ বেরিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ যোগ করিয়া সামান্য গরম করা হয়। তাহাতে বেরিয়াম সলফেট ($BaSO_4$) অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই বেরিয়াম সলফেটকে পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করিয়া জল দ্বারা সম্পূর্ণরূপে ধৌত করা হয়। পরে ষ্টীম প্রকোষ্ঠে শুষ্ক করিয়া পূর্বে ওজন করা পোর্সিলেন মুচিতে লইয়া পোড়াইয়া উত্তপ্ত করা হয় এবং যখন ওজন স্থিরাঙ্কে আসে তখন মুচির ওজন ও ফিলটার কাগজের ছাইএর ওজন বাদ দিয়া বেরিয়াম সলফেটের ওজন স্থির করা হয়। দেখিতে পাওয়া যায় যে সলফারের প্রত্যেক রূপের 1 গ্রাম লইয়া পরীক্ষা করিলে প্রত্যেক বারেই 7.28 গ্রাম বেরিয়াম সলফেট পাওয়া যায়।

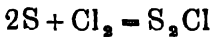
সলফারের সাধারণ ধর্ম সাধারণতঃ যে সলফার বাজারে পাওয়া যায় তাহার বর্ণ ফিকে হলদে, তাহা ভঙ্গুর এবং স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ। ইহা অস্বচ্ছ দেখায় কিন্তু বিশুদ্ধ রম্বিক সলফার স্বচ্ছ। সলফার জলে অদ্রাব্য কিন্তু ইহা কার্বন ডাই সালফাইড, অ্যালকোহল, বেনজিন ও তার্পিন তৈলে দ্রাব্য। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী নয়। একটুকরা সলফার হাতের মুঠার ভিতর ধরিয়া রাখিলে হাতের তাপে তাহা গুঁড়া হইয়া যায়। ইহার কারণ এই যে হাতের তাপে সলফারের টুকরার বিভিন্ন দিকে বিভিন্ন পরিমাণে প্রসার দেখা দেয় এবং তাহার ফলে টুকরাটি ভাঙিয়া যায়। উত্তাপ প্রয়োগ করিলে 115 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সলফার গলিয়া যায় এবং ফিকে হলুদ রংএর পরিষ্কার তরলে পরিণত হয়। তাপমাত্রা বাড়াইলে তরল সলফার ঘন হয় এবং তাহার বর্ণ গাঢ় হয়। 250 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা প্রায় কঠিন ও কালো রংএর হয় এবং তাহারও পর উষ্ণতা বাড়াইলে ইহা প্রবহমান (mobile) তরলে পরিণত হয় এবং 444 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় তরলটি ফুটিতে আরম্ভ করে এবং লালচে-বাদামী রংএর বাষ্প উদ্ভূত হয়। বাষ্পকে ধীরে ধীরে শীতল করিলে উল্লিখিত পরিবর্তনগুলি বিপরীত দিকে ঘটিয়া থাকে।

সলফার বায়ু বা অক্সিজেনের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করিলে নীলশিখার সহিত জ্বলিয়া উঠে এবং সলফার ডাই অক্সাইড উৎপাদন করে। তখন গন্ধক পোড়ার

গন্ধ পাওয়া যায়। $S+O_2=SO_2$। অধিকাংশ ধাতুর সহিত (যেমন কপার সিলভার মার্কারী জিঙ্ক) সলফার উত্তপ্ত অবস্থায় সংযুক্ত হইয়া ধাতব সলফাইড উৎপন্ন করে। $Cu+S=CuS$ $Zn+S=ZnS$ $Fe+S=FeS$

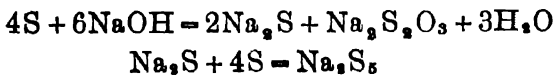
সলফারের বাষ্পের ভিতর অতিশয় সরু তামার পাত নামাইয়া দিলে তামার পাত প্রদীপ্ত শিখার সহিত জ্বলিয়া উঠে এবং কপার সলফাইড গঠন করে। সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ধাতুর সহিত সলফার মিশাইয়া উত্তাপ প্রয়োগ করিলে আগুন জ্বলিয়া উঠে এবং সোডিয়াম বা পটাসিয়াম সলফাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Na+S=Na_2S$$

তাপের সাহায্যে ইহা অধাতব মৌল যথা হাইড্রোজেন কার্বন হ্যালোজেন মৌল ফস্‌ফোরাস্ প্রভৃতির সহিত সাক্ষাৎভাবে যুক্ত হয়। গলিত সলফারের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস অতিক্রম করাইলে হাইড্রোজেন সলফাইডের গন্ধ পাওয়া যায়। $H_2+S=H_2S$ $C+2S=CS_2$ (লোহিত তাপে)

$2S+Cl_2=S_2Cl$

পাতলা হাইড্র্যাসিড বা অক্সি অ্যাসিড দ্বারা সলফার আক্রান্ত হয় না। কিন্তু গাঢ় অক্সি অ্যাসিড সহযোগে সলফার উত্তপ্ত করিলে উহা জারিত হইয়া থাকে। গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করিলে সলফার জারিত হইয়া সলফার ডাই অক্সাইড দেয়। $S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$

গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে ফুটাইলে সলফার হইতে সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $S+6HNO_3=H_2SO_4+6NO_2+2H_2O$

সলফারের সহিত ক্ষারকের দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে সলফার দ্রবীভূত হইয়া লালচে হলুদবর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন করে এবং সেই দ্রবণে সলফাইড এবং থায়োসলফেট থাকে। সলফারের পরিমাণ বেশী থাকিলে তাহা সলফাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া পলিসলফাইড (polysulphide) উৎপন্ন করে।

$$4S+6NaOH=2Na_2S+Na_2S_2O_3+3H_2O$$
$$Na_2S+4S=Na_2S_5$$

সলফারের ব্যবহার সলফার পোড়াইয়া সলফার ডাই অক্সাইড উৎপাদন করা হয়। এই সলফার ডাই অক্সাইড ক্যালসিয়াম বাই সলফাইট [$Ca(HSO_3)_2$ যাহা কাগজের মণ্ড তৈয়ারীতে প্রচুর ব্যবহৃত হয়] এবং সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। কিছুটা উৎপাদিত সলফার

ডাই অক্সাইড বিরঞ্জক হিসাবে এব রোগীর ঘরের বীজাণুনাশকরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। কার্বন ডাই সলফাইড বারুদ দিয়াশলাই বাজি এব ব প্রস্তুতে সলফার ব্যবহৃত হয়। সলফার হইতে থায়োসলফেট (ফটোগ্রাফীব জন্য) এব, সলফার মনোক্লোরাইড ($S\ Cl_2$ দ্রাবক) প্রস্তুত করা হইয়া থাকে। শস্যক্ষেত্রে কীটনাশক হিসাবেও সলফারেব ব্যবহার দেখা যায়। বিভিন্ন ঔষধ প্রস্তুতের জন্য এব মলমে সলফার ব্যবহৃত হইয়া থাকে। সলফার যোগ করিয়া রবারকে শক্ত (vulcanise) করিতে বেশ কিছু সলফার ব্যবহার করা হয়।

Questions

1 How does sulphur occur in nature ? Name some of the natural compounds of sulphur and give their formulae Describe briefly the method of preparing roll sulphur from natural sulphur

১। সলফাব প্রকৃতিতে কিভাবে পাওযা যায় ? সলফারের কয়েকটি প্রাকৃতিক যৌগেব নাম কর এবং তাহাদের সংকেত লিখ। সংক্ষেপে প্রাকৃতিক সলফাব হইতে বাতি গন্ধক প্রস্তুতেব প্রণালী বর্ণনা কব।

2 Describe Frasch process for getting sulphur from under ground sources Discuss with equations the principal properties of sulphur State what you know about uses of sulphur

২। ফ্র্যাস পদ্ধতি তে খনি হইতে সলফাবের পণ্য উৎপাদন বর্ণনা কর। সলফারেব প্রধান ধর্মগুলি সংক্ষেপে সমীকরণ সহকারে আলোচনা কর। সলফাবের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

3 What is by product sulphur ? Write what you know about the sources and methods of production of by product sulphur

৩। উপজাত সলফার কাহাকে বলে ? উপজাত সলফার কোন্ কোন্ দ্রব্যের পণ্য-উৎপাদন হইতে পাওয়া যায় সে সম্বন্ধে জানা আছে তাহা লিখ।

4 Describe the allotropic modifications of sulphur How can (*a*) rhombic sulphur (*b*) monoclinic sulphur (*c*) plastic sulphur (*d*) *flowers of sulphur and* (*e*) *milk of sulphur prepared ?*

৪। সলফারের রূপভেদের বর্ণনা দাও। কিভাবে (ক) রম্বিক সলফার (খ) মনোক্লিনিক সলফার (গ) প্লাষ্টিক সলফার (ঘ) ফ্লাওয়ারস্ অফ সলফার এবং (ঙ) মিল্ক অফ সলফাব প্রস্তুত করা হয় ?

5 Under what conditions does sulphur react with (*a*) caustic soda, (*b*) iron (*c*) coke (*d*) chlorine and (*e*) concentrated sulphuric

acid? Name the products obtained in each case and explain the reactions with equations

৫। কোন্ অবস্থায় সলফারের (ক) কষ্টিক সোডা (খ) আয়রণ (গ) কোক (ঘ) ক্লোরিণ এবং (ঙ) ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া সংঘটিত হয়? প্রত্যেক ক্ষেত্রে উৎপন্ন দ্রব্যগুলির নাম বল এবং সমীকরণ দ্বারা বিক্রিয়াটি বুঝাইয়া দাও।

অষ্টাবিংশ অধ্যায়

সলফার ডাই অক্সাইড

সংকেত SO_2 • আণবিক ওজন 64 বাষ্পীয় ঘনত্ব 32

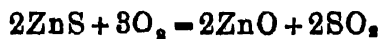
অবস্থান আগ্নেয়গিরি হইতে বহিরাগত গ্যাসে সলফার ডাই অক্সাইড থাকে। সহরের বায়ুতে সলফার ডাই অক্সাইডের অস্তিত্ব দেখা যায় কারণ সেখানে কয়লা জ্বালানি হিসাবে পোড়ানো হয় এবং কয়লায় সলফার থাকে তাই কার্বন ডাই অক্সাইডের সহিত সলফার ডাই অক্সাইডও উৎপন্ন হইয়া বায়ুর সহিত মিশিয়া যায়।

প্রস্তুতি (১) সলফারকে বায়ুতে বা অক্সিজেনে পোড়াইলে উহা জারিত হইয়া সলফার ডাই অক্সাইড উৎপাদন করে। $S + O_2 = SO_2$

এইখানে সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে (synthesis) সলফার ডাই অক্সাইড উৎপাদিত হইতেছে।

(২) বায়ুতে বিভিন্ন ধাতব সলফাইড (যাহার অধিকাংশই আকরিক হিসাবে পাওয়া যায়) পোড়াইয়াও সলফার ডাই অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। আয়রণ পাইরাইটিস্ একটি ধাতব সলফাইড আকরিক এবং তাহা বায়ুতে পোড়াইয়া সলফার ডাই অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। $4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$

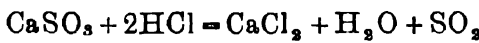
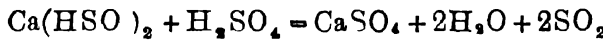
জিঙ্ক ব্লেণ্ড জিঙ্কের সলফাইড আকরিক এবং ধাতব জিঙ্ক নিষ্কাশনের সময় জিঙ্ক ব্লেণ্ড বায়ুতে পোড়াইলে সলফার ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$$

(৩) ধাতব সলফাইট বা বাইসলফাইট হইতে সহজেই সলফার ডাই অক্সাইড

প্রস্তুত করা যায়। একটি ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগানো হয় এবং তাহার ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘনল ফানেল এবং একটি নির্গমনল সমকোণে বাঁকাইয়া লাগানো হয়। এই নির্গমনলের সহিত একটি সমকোণে বাঁকানো লম্বা কাচনল রবারের সাহায্যে লাগানো হয়। ফ্লাস্কের ভিতর যে কোন ধাতুর সলফাইট বা বাই সলফাইট রাখিয়া দীর্ঘনল ফানেলের সাহায্যে তাহার উপর পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। অ্যাসিডের সহিত সংস্পর্শে আসা মাত্র সাধারণ উষ্ণতায় সলফার ডাই অক্সাইড গ্যাস বাহির হইয়া আসে। গ্যাস জারে বায়ুর ঊর্ধ্ব অপভ্রংশ দ্বারা এই গ্যাস সংগ্রহ করা যায়।

$$CaSO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + SO_2$$

ক্যালসিয়াম সলফাইট

$$Ca(HSO_3)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O + 2SO_2$$

ক্যালসিয়াম বাই সলফাইট

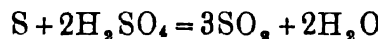
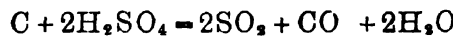
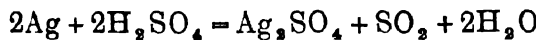
(4) **পরীক্ষাগার প্রণালী সলফিউরিক অ্যাসিড হইতে** ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত কপার মার্কারী সিলভার কার্বন অথবা সলফার উত্তপ্ত করিলে সলফিউরিক অ্যাসিডের বিজারণ সংঘটিত হওয়ার ফলে সলফার ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়। প্রিস্টলী (Priestley) প্রথমে এই গ্যাস মার্কারীর সহিত ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া প্রাপ্ত হন।

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

$$Hg + 2H_2SO_4 = HgSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

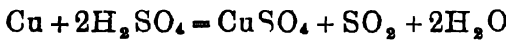
$$2Ag + 2H_2SO_4 = Ag_2SO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

$$C + 2H_2SO_4 = 2SO_2 + CO_2 + 2H_2O$$

$$S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$$

কিন্তু পরীক্ষাগারে সাধারণত কপারের ছিবড়ার (Copper turnings) সহিত ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করিয়া সলফার ডাই অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

একটি গোলতল (round bottomed) ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগাইয়া কর্কের মধ্য দিয়া একটি দীর্ঘনল ফানেল এবং দুই বার সমকোণে বাঁকান নির্গমনল লাগানো হয়। নির্গমনলের শেষের অংশ বেশ দীর্ঘ রাখা হয় যাহাতে তাহা একটি গ্যাস জারের তলদেশ পর্যন্ত পৌছিতে পারে। ফ্লাস্কের ভিতর বেশ কিছুটা তামার ছিবড়া লওয়া হয় এবং দীর্ঘনল ফানেল দিয়া গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড এরূপ

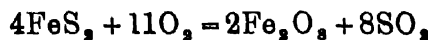
পরিমাণে ঢালা হয় যাহা ত কপারের ছিবড়া এব দীর্ঘনল ফানেলের শেষ প্রান্ত অ্যাসিডে ডুবিয়া থাকে। ফ্লাস্কটিকে আ টার সাহায্যে লোহদণ্ডে আটকানো হয় এব সেই অবস্থায় তার জালির উপর বসানো হয়। তাহার পর বুনসেন দীপের সাহায্যে ফ্লাস্কটিকে ধীরে ধীবে উত্তপ্ত করা হয়। যেই সলফার ডাই অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হইতে আরম্ভ হয় সেই বুনসেন দীপ সরাইয়া লওয়া হয়। উদ্ভূত সলফার ডাই অক্সাইড গ্যাস গ্যাসজারে বায়ুর উধ্ব অপস্র শ দ্বারা স গ্রহ করা হয়।

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

বিক্রিয়ায় জাত জল ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বাবা শোষিত হয়। তাই সম্পূর্ণ শুষ্ক এব বিশুদ্ধ সলফাব ডাই অক্সাইড পাইতে হইলে গ্যাসটিকে একটি গ্যাস ধৌত বোতলে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড রাখিয়া তাহার ভিতব দিয়া অতিক্রম করানো হয় এব বায়ুর উধ্বাপসারণ দ্বারা স গ্রহ কবা হয়।

দ্রষ্টব্য ফ্লাস্কের ভিতর উপজাত হিসাবে কপাব সলফেট উৎপন্ন হয়। কিন্তু কিছু কপার সলফাইড উৎপন্ন হওবার ফলে কপাব সলফেটের নীলবর্ণ দেখা না গিয়া অবশিষ্ট কপারের রং কালো দেখায়। আবার SO এর সহিত সামান্য সলফাব ট্রাই অক্সাইড উৎপন্ন হওয়ায় গ্যাসটি ফ্লাস্কের ভিতর এব জারে সংগ্রহ করার পর ধে যাটে দেখায়।

পণ্য উৎপাদন (i) সলফারকে বায়ুতে পোড়াইয়া সলফাব ডাই অক্সাইডেব পণ্য উৎপাদন সম্পাদিত হয় এব এইভাবে উৎপন্ন সলফার ডাই অক্সাইড সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। সময় সময় উদ্ভূত সলফার ডাই অক্সাইডকে স্তম্ভের মধ্যে ঠাণ্ডা জল চালনা করিয়া জলে দ্রবীভূত করা হয়। অন্য অদ্রাব্য গ্যাস যাহা SO_2 এর সহিত মিশিয়া থাকে (যথা নাইট্রোজেন সামান্য অক্সিজেন ও বায়ুস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ) তাহা চলিয়া যায়। অন্য একটি পাত্রে সলফার ডাই অক্সাইডেব দ্রবণ লইয়া ফুটানো হয। উদ্ভূত SO_2 কে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া শুষ্ক কবিয়া সাধারণ উষ্ণতায় উচ্চ চাপে তরল করিয়া চোঙে ভর্তি করিয়া বাজারে পাঠান হয়।

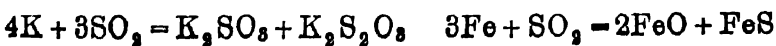
(ii) আয়বণ পাইরাইটিস্‌কে (FeS_2) বায়ুতে ভর্জিত (roasted) করিয়াও সলফার ডাই অক্সাইডের পণ্য উৎপাদন সাধিত হয়।

$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$

সলফার ডাই অক্সাইডের ধর্ম। সলফার ডাই অক্সাইড একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহার গন্ধ গন্ধক পোড়ানর গন্ধের মত ঝাঁঝালো এব শ্বাসরোধী, কিন্তু

ইহার কোন বিষক্রিয়া নাই। ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব 32 এব বায়ু অপেক্ষা ইহা অনেক বেশী ভারী। ইহা জলে খুব দ্রাব্য। অ্যামোনিয়ার ভিতর বর্ণিত উপায়ে (৩৫ পৃ দেখ) ফ্লাস্কে সলফার ডাই অক্সাইড ভর্তি কবিয়া এব গ্যাস দ্রোণীতে নীল লিটমাসের দ্রবণ লইয়া তাহার ভিতর ফ্লাস্কের মুখে লাগানো নলটি ডুবাইয়া ক্লিপ খুলিয়া দিলে এব ফ্লাস্কের মাথায় এই অবস্থায় ঈথার ঢালিলে নীল লিটমাসের দ্রবণ কাচের নল বহিয়া উপরে উঠিয়া যায় এব যেমন ফ্লাস্কের ভিতরে অবস্থিত নলের মুখের নিকট আসে তখন উহা সমস্ত সলফাব ডাই অক্সাইড একসঙ্গে দ্রবীভূত করে। তাহার ফলে জল ফোয়ারার আকারে ফ্লাস্কের ভিতর যাইয়া পড়ে এব নীল লিটমাস লাল হইয়া যায়। ইহাতে গ্যাসটির দ্রবণের অ্যাসিড ভাব বেশ বুঝা যায়।

এই গ্যাসটিকে সহজেই সাধারণ উষ্ণতায় উচ্চ চাপ প্রয়োগ দ্বারা অথবা হিম-মিশ্রে (freezing mixture বরফ ও লবণের মিশ্রণ) শীতল করিয়া বর্ণহীন তরল অবস্থায় পাওয়া যায়। এই তরল সলফার ডাই অক্সাইডের স্ফুটনাঙ্ক—-10 সেন্টিগ্রেড। তবল সলফার ডাই অক্সাইড দ্রাবক হিসাবে কাজ করে এব ইহাতে অনেক মৌলিক পদার্থ এব কোন কোন লবণ দ্রবীভূত হয়।

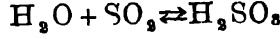
সলফার ডাই অক্সাইড গ্যাস দাহ্য নহে এব সাধারণভাবে ইহা দহনের সহায়কও নয়। একটি জলন্ত বাতি বা হাইড্রোজেনেব জলন্ত শিখা এই গ্যাসের ভিতর প্রবেশ করাইয়া দিলে নিভিয়া যায় এব গ্যাসেও আগুন ধরে না। কিন্তু জলন্ত সোডিয়াম পটাসিয়াম ম্যাগনেসিয়াম এব, অতি উত্তপ্ত আয়রণ বা টিন গ্যাসের ভিতর নামাইয়া দিলে উহারা জলিতে থাকে। অধিক তাপে সলফার ডাই-অক্সাইড বিশ্লিষ্ট ইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এব এই অক্সিজেন ধাতুগুলির দহনে সহায়তা করে। সুতরা সলফাব ডাই অক্সাইড পরোক্ষভাবে জারক হিসাবে ক্রিয়া করে।

$$4K + 3SO_2 = K_2SO_3 + K_2S_2O_3 \quad 3Fe + SO_2 = 2FeO + FeS$$

এই জারকগুণ ইহার হাইড্রোজেন সলফাইডের সহিত বিক্রিয়াতেও দেখা যায়। হাইড্রোজেন সলফাইড সলফার ডাই অক্সাইড দ্বারা জারিত হইয়া সলফার উৎপাদন করে।

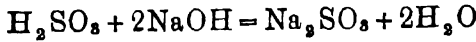
$$2H_2S + SO_2 = 2H_2O + 3S$$

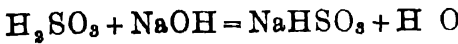
এই বিক্রিয়ায় সলফার ডাই অক্সাইড বিজারিত হইয়া সলফার দিয়া থাকে।

সলফাব ডাই অক্সাইডের জলের দ্রবণ অ্যাসিডগুণসম্পন্ন। ইহা পূর্বেই ফোয়ারা পরীক্ষায় দেখানো হইয়াছে। জলের দ্রবণে একটি অস্থায়ী অ্যাসিড উৎপন্ন হয়, তাহার নাম সলফিউরাস অ্যাসিড এই জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত কবিলে সমস্ত SO_2 গ্যাস উপিয়া যায এব কেবল মাত্র জল প'ড়িয়া থাকে।

$$H_2O + SO_2 \rightleftharpoons H_2SO_3$$

এই জলের দ্রবণকে একটি তুইমুখ বন্ধ কাচের নলে লইয়া 150 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত কবিলে সলফাব উৎপন্ন হয় এব তজ্জন্য দ্রবণটি ঘোলাটে হয। এই অ্যাসিডটি দু স্থিত হইলেও ইহার লবণগুলি সমস্তই সুস্থিত এব কঠিন স্ফটিকাকাবে প্রস্তুত করা যায়।

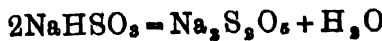
সলফিউরাস অ্যাসিড দ্বি ক্ষাবীয (di basic)। ইহাব অণুতে অবস্থিত দুইটি হাইড্রোজেন পবমাণু একত্রে বা একে একে ধাতুদ্বাবা প্রতিস্থাপিত করা যায়। তাই এই অ্যাসিড হইতে দুই জাতীয় লবণ পাওয়া যায় দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতুদ্বাবা প্রতিস্থাপন করিলে প্রশম লবণ (normal salt) এব একটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপন করিলে অ্যাসিড লবণ (acid salt) অথবা বাই লবণ (bi salt) পাওয়া যায়।

$$H_2SO_3 + 2NaOH = Na_2SO_3 + 2H_2O$$

সোডিয়াম সলফাইট্ (প্রশম লবণ)

$$H_2SO_3 + NaOH = NaHSO_3 + H_2O$$

সোডিযাম বাই সলফাইট অথবা
অ্যাসিড সলফাইট্ (অ্যাসিড লবণ বা বাই লবণ)

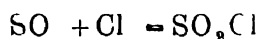
সাধারণ উষ্ণতায় কস্টিক সোডা বা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ভিতর দিযা অধিক পরিমাণে সলফার ডাই অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম কবাইলে (যতক্ষণ না দ্রবণ হইতে সলফাব ডাই অক্সাইডের গন্ধ পাওয়া যায়) দ্রবণে সোডিয়াম বাই সলফাইট্ উৎপন্ন হয়। $NaOH + SO_2 + H_2O = NaHSO_3 + H_2O$

এই দ্রবণকে কেলাসিত করিতে চেষ্টা করিলে সোডিয়াম বাই সলফাইট্ কেলাসিত না হইয়া সোডিয়াম মেটা বাই সলফাইট্ ($Na_2S_2O_5$) কেলাসিত হয়।

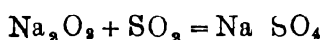
$$2NaHSO_3 = Na_2S_2O_5 + H_2O$$

সোডিয়াম মেটা বাই সলফাইট্ ফটোগ্রাফীতে ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম

আসে। এই কারণে সলফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিরঞ্জিত স্পঞ্জ এবং ফ্লানেলের বর্ণ অনেক সময় ফিরিয়া আসিতে দেখা যায়। আরও উল্লেখযোগ্য এই যে, সলফার ডাই অক্সাইড মৃদু বিরঞ্জক। ক্লোরিণ বা বিরঞ্জকচূর্ণ (bleaching powder) সিল্ক উল স্পঞ্জ প্রভৃতির পক্ষে ক্ষতিকর এবং সেইজন্য তাহাদের বিরঞ্জন সলফার ডাই অক্সাইডের সাহায্যে সম্পাদিত হয়।

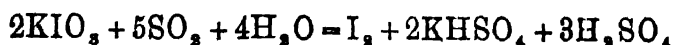
সলফার ডাই অক্সাইড ও ক্লোরিণের বিক্রিয়া জলের উপস্থিতিতে যেভাবে স ঘটিত হয় তাহা পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে। কিন্তু সলফার ডাই অক্সাইড গ্যাস ও ক্লোরিণ গ্যাস মিশাইয়া প্রখর সূর্যালোকে ধরিলে অথবা উক্ত মিশ্রণকে উত্তপ্ত কার্বনের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইলে সলফিউরিল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$SO + Cl = SO_2Cl$$

এইরূপে সলফার ডাই অক্সাইড পূর্ণ গ্যাস জারে উত্তপ্ত বেরিয়াম পার অক্সাইড লেড ডাই অক্সাইড অথবা সোডিয়াম পার অক্সাইড উজ্জ্বলন চামচে করিয়া নামাইয়া দিলে উহারা লোহিত তপ্ত হইয়া উঠে এবং সরাসরি সলফার ডাই অক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া সলফেট্ গঠন করে।

$$BaO_2 + SO_2 - BaSO_4 \quad PbO_2 + SO_2 = PbSO_4$$

$$Na_2O_2 + SO_2 = Na\ SO_4$$

সলফার ডাই অক্সাইডের অভীক্ষণ সলফার ডাই অক্সাইডকে গন্ধক পোড়ানোর গন্ধ পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণকে বর্ণহীন করার ক্ষমতা এবং কমলা র এর পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট সিক্ত ফিলটার কাগজকে সবুজবর্ণে পরিবর্তিত করার ক্ষমতা দ্বারা চেনা যায়। তাহার সহিত লাল র এর ম্যাজেণ্টা দ্রবণকে বিরঞ্জিত করার ক্ষমতাও দেখা হইয়া থাকে।

শ্বেতসার (starch) এবং পটাসিয়াম আয়োডেটের (KIO_3) দ্রবণে সিক্ত ব্লটিং কাগজ সলফার ডাই অক্সাইড গ্যাসে ধরিলে ব্লটি কাগজের র নীল হয়। এই পরীক্ষা দ্বারা সলফার ডাই অক্সাইডের উপস্থিতি বিশেষভাবে প্রমাণিত হয়।

$$2KIO_3 + 5SO_2 + 4H_2O = I_2 + 2KHSO_4 + 3H_2SO_4$$

সলফার ডাই অক্সাইডের ব্যবহার সলফার ডাই অক্সাইড নানা ভাবে ব্যবহৃত হয়। মৃদু বিরঞ্জকরূপে ইহা উল সিল্ক স্পঞ্জ এবং টুপিতে

ব্যবহৃত খড় সাদা করিবার জন্য ব্যবহৃত হয়। চিনি উৎপাদনেও ইহা বিরঞ্জক হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। চুনগোলার ভিতর অধিক পরিমাণে সলফার ডাই অক্সাইড চালনা করিয়া ক্যালসিয়াম বাই সলফাইট্ লবণ $[Ca(HSO_3)_2]$ উৎপাদন করা হয়। এই লবণ প্রচুর পরিমাণে কাগজের মণ্ড প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। রোগ বীজাণু নাশ করিবার ক্ষমতা ইহাতে আছে বলিয়া বীজঘ্ন (disinfectant) হিসাবে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে। ছোয়াচে রোগে (যথা, টাইফয়েড বসন্ত প্রভৃতি) আক্রান্ত রোগীর ঘরেব বীজাণুনাশ করিবার জন্য ঘরে গন্ধক পোড়াইয়া সলফার ডাই অক্সাইড উৎপন্ন কবা হয়। মা স সুরাঘটিত পদার্থ এব ফল ইত্যাদি স বক্ষণে কিছুটা সলফাব ডাই অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। কিন্তু সর্বাপেক্ষা বেশী সলফাব ডাই অক্সাইড ব্যবহৃত হয় সলফিউবিক অ্যাসিড ও সলফাইট্ লবণ উৎপাদনে। আর সলফাব ডাই অক্সাইডের ব্যবহাব দেখা যায় অতিরিক্ত ক্লোরিণ দ্বারা বিরঞ্জিত বস্ত্র হইতে উদ্বৃত্ত ক্লোবিণ দূরীভূত কবিতে (as an antichlor)। পূর্বে উল্লিখিত হইযাছে যে সলফার ডাই অক্সাইডকে সহজেই তরলে রূপান্তরিত কবা যায় এব সেই তরল সলফার ডাই অক্সাইড হিমকক্ষে (refrigerator) হিমায়করূপে (as a refrigerating agent) এব ঘরের বা রেলের কামবার বায়ুর শীততাপ নিয়ন্ত্রণে (air conditioning) ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

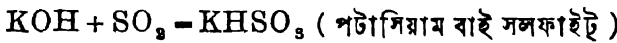
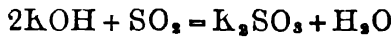
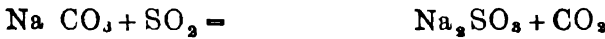
কার্বনিক অ্যাসিড ও সলফিউরিক অ্যাসিড এব তাহাদেব লবণ। সলফার ডাই অক্সাইড কার্বন ডাই অক্সাইডের মত জলে দ্রবীভূত হইয়া থাকে। যেমন কার্বন ডাই অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে কার্বনিক অ্যাসিড (H_2CO_3) উৎপন্ন হয় সেইরূপ সলফাব ডাই অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে সলফিউবাস (H_2SO_3) অ্যাসিড গঠিত হয়। $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$ $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$ কার্বনিক অ্যাসিডের মত সলফিউরাস অ্যাসিডও একমাত্র জলীয় দ্রবণে পাওয়া যায়। কার্বনিক অ্যাসিড এব সলফিউরাস অ্যাসিড উভয়েই মৃদু অ্যাসিড (weak acid) এব অস্থায়ী যৌগ ইহাদের জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করা হইলে যথাক্রমে কার্বন ডাই অক্সাইড ও সলফার ডাই অক্সাইড উপিয়া যায় এব কেবলমাত্র জল পড়িয়া থাকে।

কার্বনিক অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন কার্বনেট (যথা সোডিয়াম কার্বনেট্ Na_2CO_3) এব বাই কার্বনেট্ (যথা, সোডিয়াম বাই কার্বনেট্, $NaHCO_3$)

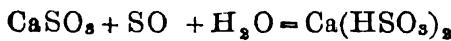
লবণের ন্যায় সলফিউরাস অ্যাসিডও সলফাইট্ (যথা,—সোডিয়াম সলফাইট্, Na_2SO_3) এবং বাই সলফাইট্ (যথা—সোডিয়াম বাই সলফাইট্ $NaHSO_3$) লবণ গঠন করে।

সলফার ডাই অক্সাইড এবং ক্ষারের বিক্রিয়া দ্বারা অথবা জলে দ্রবণীয় কার্বনেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া সলফার ডাই অক্সাইড চালনা করিলে সলফাইট এবং বাই সলফাইট লবণ উৎপন্ন হয়।

$KOH + SO_2 = KHSO_3$ (পটাসিয়াম বাই সলফাইট্)
কষ্টিক পটাস (ক্ষার)

$$2KOH + SO_2 = K_2SO_3 + H_2O$$

পটাসিয়াম সলফাইট্

$Na\ CO_3 + SO_2 =$ $Na_2SO_3 + CO_2$
সোডিয়াম কার্বনেট — সোডিয়াম সলফাইট্ (জলে দ্রাব্য)

$Ca(OH) + SO_2 =$ $CaSO_3 + H\ O$
ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড (ক্ষার) — ক্যালসিয়াম সলফাইট্ (জলে অদ্রাব্য)

$CaSO_3 + SO\ + H_2O = Ca(HSO_3)_2$

ক্যালসিয়াম বাই সলফাইট (জলে দ্রাব্য)

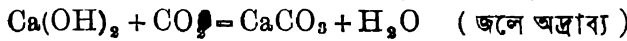
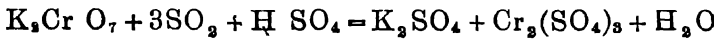
দ্রষ্টব্য অদ্রাব্য কার্বনেটের জলের সহিত মিশ্রণের ভিতর দিয়া সলফার ডাই অক্সাইড চালনা করিলে প্রথমে জলে অদ্রাব্য সলফাইট উৎপন্ন হয় এবং কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস বাহির হইয়া আসে। কিন্তু অনেক বেশী পরিমাণে সলফার ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে জলে দ্রাব্য বাই সলফাইট উৎপন্ন হইয়া দ্রবণে থাকে। যথা—$MnCO\ + SO\ = MnSO\ + CO$ (জলে অদ্রাব্য) কিন্তু বেশী SO চালনা করিলে $MnSO\ + SO\ + H\ O = Mn(HSO\ )$ (জলে দ্রাব্য)।

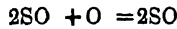
সলফাইটের উপস্থিতিতে কার্বনেটের পরীক্ষা

সলফাইট্ এবং কার্বনেট উভয় প্রকার লবণেই পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে বুদ্‌বুদের আকারে যথাক্রমে সলফার ডাই অক্সাইড গ্যাস এবং কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস বাহির হয়। গ্যাসে সলফার পোড়ানোর গন্ধ হইতে সলফার ডাই অক্সাইডের উপস্থিতি সহজেই বুঝা যায়। কিন্তু কার্বন ডাই অক্সাইডের উপস্থিতি প্রমাণ করিতে উৎপন্ন গ্যাস পরিষ্কার চুনের জলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইতে হয়। চুনের জল ঘোলা হইলে কার্বন ডাই অক্সাইডের উপস্থিতি বুঝিতে পারা যায়। কিন্তু এখানে সলফার ডাই অক্সাইড থাকায় এবং সলফার ডাই অক্সাইডও পরিষ্কার

চুনের জলকে ঘোলা করায় [$Ca(OH)_2 + SO_2 = CaSO_3$ (জলে অদ্রাব্য) + H_2O] কার্বন ডাই অক্সাইডের উপস্থিতি প্রমাণিত হয় না। তাই উৎপন্ন গ্যাসকে প্রথমে সলফিউরিক অ্যাসিড যুক্ত পটাসিয়াম ডাই ক্রোমেটের ($K_2Cr_2O_7$) দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া পরে পরিষ্কার চুনের জলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইলে যদি চুনের জল ঘোলা হয় তাহা হইলে গ্যাসে কার্বন ডাই অক্সাইডের তথা মিশ্রিত লবণে কার্বনেটের উপস্থিতি সম্পূর্ণরূপে প্রমাণিত হয়। এই প্রক্রিয়ায় সলফার ডাই অক্সাইড পটাসিয়াম ডাই ক্রোমেট দ্বারা জারিত হইয়া সলফিউরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয় এবং ডাই ক্রোমেটের দ্রবণের ভিতর থাকিয়া যায় আর কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস ডাই ক্রোমেটের দ্রবণ দ্বারা জারিত না হওয়ায় বাহির হইয়া যায় এবং চুনের জলকে ঘোলা করে।

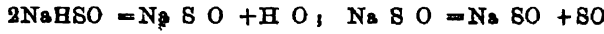
$$K_2Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O \quad \text{(জলে অদ্রাব্য)}$$

দ্রষ্টব্য সলফারের অন্য একটি অক্সাইড হইল সলফার ট্রাই অক্সাইড (Sulphur trioxide SO_3)। ইহাই জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিড দিয়া থাকে। সেইজন্য ইহাকে সলফিউরিক অ্যানহাইড্রাইড (Sulphuric anhydride) নামে অভিহিত করা হয়। সলফারকে বায়ুর সংস্পর্শে জ্বালাইলে সলফার ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয় কিন্তু এইভাবে সলফার বায়ু বা অক্সিজেনের সংস্পর্শে পোড়াইয়া সলফার ট্রাই অক্সাইড উৎপাদন করা যায় না; একমাত্র সলফার ডাই অক্সাইড এবং অক্সিজেনের সংযোগের ফলেই সলফার ট্রাই অক্সাইড পাওয়া সম্ভব।

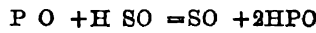
$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

কিন্তু এই মিলনটি সাধারণ অবস্থায় এত ধীরে ধীরে সংঘটিত হয় যে অনেক দিন অপেক্ষার পরও সামান্যই সলফার ট্রাই অক্সাইড এইভাবে পাওয়া যাইতে পারে। কিন্তু প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে 450 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সলফার ডাই অক্সাইড এবং অক্সিজেনের সম্পূর্ণভাবে উপরে লিখিত সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে। অনুঘটক হিসাবে সময় সময় ভর্জিত (roasted) আয়রণ পাইরাইটিস (যাহাতে Fe_2O_3 এবং CuO থাকে) ব্যবহৃত হয়; তখন 620 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার প্রয়োজন হয় এবং মাত্র শতকরা 60 ভাগ সলফার ডাই অক্সাইড সলফার ট্রাই অক্সাইডে পরিণত হয়। বর্তমানে আমেরিকায় ভ্যানাডিয়ামের অক্সাইড (V_2O_5) অনুঘটক হিসাবে ব্যবহৃত হইতেছে এবং কলিকাতায় বেঙ্গল কেমিক্যাল এণ্ড ফার্মেসিউটিক্যাল ওয়ার্কসেও ভ্যানাডিয়াম পেণ্ট অক্সাইড (V_2O_5) অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার করিয়া সলফার ডাই অক্সাইড ও অক্সিজেনের মিশ্রণ হইতে সলফার ট্রাই অক্সাইড উৎপাদন করিয়া উক্ত সলফার ট্রাই অক্সাইড হইতে সলফিউরিক অ্যাসিড তৈয়ারী হইতেছে। এই প্রণালীতে সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতের পদ্ধতিকে **সংস্পর্শ পদ্ধতি (Contact Process)** বলে। ইহা পরে সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন প্রসঙ্গে বিশদভাবে বর্ণিত হইয়াছে

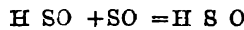
অন্য উপায়েও সলফার ট্রাই অক্সাইড উৎপাদন করা যায়। যেমন ফেরাস সলফেট ফেরিক সলফেট সোডিয়াম বাই সলফেট অথবা সোডিয়াম পাইরোসলফেট উত্তপ্ত করিলে সলফার ট্রাই অক্সাইড গ্যাসরূপে বাহির হইয়া আসে।

2FeSO =Fe O +SO +SO Fe (SO) =Fe O +3SO

2NaHSO =Na S O +H O; Na S O =Na SO +SO

গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডে ফসফোরাস পেণ্ট অক্সাইড যোগ করিয়া মিশ্রণকে ফুটাইলে অথবা ধূমায়মান (fuming) সলফিউরিক অ্যাসিডকে (যাহাকে Nordhausen Sulphuric acid বলা হয় যেহেতু উহা প্রথম জার্মাণীর Nordhausen নামক স্থানে উৎপাদিত হয়) পাতিত করিলে সলফার ট্রাইঅক্সাইড পাওয়া যায়।

P O +H SO =SO +2HPO

H S O =H SO +SO

যদিও উচ্চ উষ্ণতায় ইহা গ্যাসীয় কিন্তু সাধারণ উষ্ণতায় সলফার ট্রাই অক্সাইড কঠিন স্ফটিকাকার পদার্থ। সলফার ট্রাই অক্সাইডের জলের প্রতি আসক্তি অত্যন্ত প্রবল। ইহা জলের সংস্পর্শে আসিলে হিস্ হিস্ শব্দে প্রবল বিক্রিয়া ঘটাইয়া সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে SO +H O= H SO। আর্দ্র বায়ুতে সলফার ট্রাই অক্সাইড গ্যাস ছাড়িয়া দিলে একটি ঘন সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয়। এই সাদা ধোঁয়াটি প্রকৃতপক্ষে খুব ছোট ছোট সলফিউরিক অ্যাসিডের কণার সমষ্টি। সলফার ট্রাই অক্সাইড গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং তখন ধূমায়মান সলফিউরিক অ্যাসিড (যাহা পাইরো সলফিউরিক অ্যাসিড নামেও অভিহিত হয় এব যাহা পূর্বে নর্ডহাওসেন সলফিউরিক অ্যাসিড বলিয়া উল্লিখিত হইয়াছে) উৎপন্ন হয়।

H SO +SO =H S O

ক্ষারকীয় অক্সাইডের সহিত ইহা সহজেই যুক্ত হইয়া সলফেট লবণ গঠন করে। বেরিয়াম অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ার সময় প্রভূত তাপ উদ্ভূত হয় এব অক্সাইড ভাস্বর (glows) হইয়া উঠে।

BaO+SO =BaSO

Questions

1 Describe with a sketch the method of preparation of pure and dry sulphur dioxide in the laboratory Describe on experimental basis the properties of sulphur dioxide

১। পরীক্ষাগারে যে উপায়ে বিশুদ্ধ এবং শুষ্ক সলফার ডাই অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় তাহা চিত্রসহযোগে বর্ণনা কর। পরীক্ষামূলকভাবে ইহার ধর্ম সম্বন্ধে আলোচনা কর।

2 How is sulphur dioxide prepared in the laboratory? State its principal physical and chemical properties Explain its bleaching action (Higher Secondary, Science W B 1960)

২। পরীক্ষাগারে কিভাবে সলফার ডাই অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়?* ইহার প্রধান প্রধান ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম উল্লেখ কর। ইহার বিরঞ্জক ধর্ম ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও।

3 How is sulphur dioxide prepared from (*a*) sulphite and (*b*) sulphuric acid? State what you know about its uses Give a comparative account of the bleaching action of chlorine and sulphur dioxide

৩। (ক) সলফাইট হইতে এবং (খ) সলফিউরিক অ্যাসিড হইতে কিভাবে সলফার ডাই অক্সাইড পাওয়া যায়? ইহার ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। বিরঞ্জক হিসাবে ক্লোরিণ ও সলফার ডাই অক্সাইডের ব্যবহারের তুলনামূলক আলোচনা কর।

4 Describe with equations the reactions of sulphur dixoide with the following substances (*a*) an aqueous solution of chlorine (*b*) an aqueous solution of caustic potash (*c*) a mixture of nitrogen dioxide and water vapour (*d*) hydrogen sulphide and (*e*) an aqueous solution of ferric chloride

৪। নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির সহিত সলফার ডাই অক্সাইডের যে বিক্রিয়া সংঘটিত হয় তাহা সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর (ক) ক্লোরিণের জলীয় দ্রবণ; (খ) কষ্টিক পটাসের জলীয় দ্রবণ (গ) নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইড এবং জলীয় বাষ্পের মিশ্রণ (ঘ) হাইড্রোজেন সলফাইড এবং (ঙ) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ।

5 Sulphur dioxide acts sometimes as an oxidising agent and sometimes as a reducing agent —Explain fully the statement with examples

৫। সলফার ডাই অক্সাইড কোন কোন ক্ষেত্রে জারক হিসাবে এবং কোন কোন ক্ষেত্রে বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করে। —এই উক্তি উদাহরণ সহকারে বিশদভাবে ব্যাখ্যা কর।

6 How can you prove that sulphur dioxide contains sulphur? Describe with equations the reactions that occur between sulphur dioxide and the following substances (*a*) nitric acid (*b*) lead dioxide, (*c*) sodium carbonate (*d*) milk of lime and (*e*) potassium permanganate

৬। সলফার ডাই অক্সাইডে যে সালফার আছে তাহা কিভাবে প্রমাণ করা যায়? সলফার ডাই অক্সাইডের সহিত নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির রাসায়নিক বিক্রিয়া সমীকরণ-সহকারে বর্ণনা কর (ক) নাইট্রিক অ্যাসিড (খ) লেড ডাই অক্সাইড, (গ) সোডিয়াম কার্বনেট (ঘ) চুন-গোলা এবং (ঙ) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট।

7 How is sulphur dioxide manufactured? How is sulphur dioxide used in the preservation of edible substances?

৭। সলফার ডাই অক্সাইডের পণ্য উৎপাদন কিভাবে হইয়া থাকে? খাদ্যদ্রব্যকে পচন হইতে রক্ষা করিবার জন্ত সলফার ডাই অক্সাইড কিভাবে ব্যবহৃত হয়?

8 How is dry sulphur dioxide prepared and collected in the laboratory?

Describe what happens when it reacts with (*a*) an aqueous solution of potassium permanganate (*b*) chlorine water (*c*) lime water (State the visible changes that occur and give equations)

(Higher Secondary West Bengal 1964)

৮। কিভাবে শুষ্ক সলফার ডাই অক্সাইড পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয় এবং কিভাবে তাহা সংগ্রহ করা হয়।

যখন ইহা নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির সহিত বিক্রিয়া করে তখন কি ঘটিয়া থাকে তাহা বর্ণনা কর —(ক) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের জলীয় দ্রবণ (খ) ক্লোরিণ জল (গ) চুনের জল। (দৃষ্ট পরিবর্তনগুলি উল্লেখ কর এবং সমীকরণ দাও।)

ঊনত্রিংশ অধ্যায়

সলফিউরিক অ্যাসিড

(Sulphuric Acid)

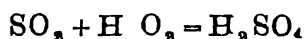
আণবিক স কেত H_2SO_4 স্ফুটনাঙ্ক 338 সেন্টিগ্রেড আণবিক ওজন 98 ; ঘনাঙ্ক 1 8 দ্বি ক্ষারিক (dibasic) অ্যাসিড।

সলফিউরিক অ্যাসিড এযুগের এত অধিক স খ্যক শিল্পে ব্যবহৃত হয় যে শিল্প-বিষয়ে অগ্রসরতার মাপকাঠি হিসাবে ইহাকে গণনা করা হয়। যে দেশ শিল্পবিষয়ে যত উন্নত সে দেশে তত বেশী সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

আলকেমিষ্টরা (Alchemists) প্রথমে সলফিউরিক অ্যাসিড আবিষ্কার করেন। অষ্টম শতাব্দীতে আরবদেশে প্রথম হিরাকসের (Green vitriol ferrous sulphate $FeSO_4$ $7H_2O$) সহিত ফট্‌কিরি [alum K_2SO_4 Al $(SO_4)_3$ $24H_2O$] মিশাইয়া মিশ্রণকে পাতিত করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। পরে বেসিল ভ্যালেনটিন নামক একজন আলকেমিষ্ট কেবলমাত্র হিরাকস বা সবুজ ভিট্রিয়লকে (Green vitriol) পাতিত করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করেন। সেইজন্য সলফিউরিক অ্যাসিডের নাম সেই সময় দেওয়া হইয়াছিল "ভিট্রিয়লের তৈল" (Oil of vitriol)। বর্তমানে শিল্পজগতে সলফিউরিক অ্যাসিড ঐ নামেই অভিহিত হইযা থাকে। সপ্তদশ শতাব্দীতে একটি আবদ্ধ কাচের পাত্রের মধ্যে জলের উপর সলফার এব নাইটার (সোরা KNO_3) জ্বালাইয়া সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। অষ্টাদশ শতাব্দী হইতে কাচপাত্রের স্থলে লেডনির্মিত প্রকোষ্ঠ (Lead Chamber) ব্যবহার করিয়া এব নাইটারের স্থলে নাইট্রোজেনের অক্সাইড এব জলের পরিবর্তে জলীয় বাষ্প এব অতিরিক্ত বায়ু ব্যবহার করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিডের প্রচুর পরিমাণে উৎপাদন সম্ভব করা হয়। পরে উনবি শ শতাব্দীতে গ্লোভার (Glover) সলফার ডাই অক্সাইড ও নাইট্রোজেনের অক্সাইড ও বায়ু সুষ্ঠুভাবে মিশাইবার জন্য লেড চেম্বারগুলির সম্মুখে একটি স্তম্ভ যোগ করেন। আবার দামী নাইট্রোজেনের অক্সাইড যাহাতে অপব্যয়িত না হয় এব একই নাইট্রোজেনের অক্সাইড বার বার কাজে লাগানো যায় তাহার জন্য গে লুসাক লেড চেম্বারগুলির শেষের দিকে আর একটি স্তম্ভ যোগ করিয়া সেখানে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা

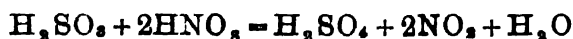
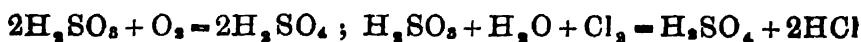
নাইট্রোজেনের অক্সাইড শোষিত করার ব্যবস্থা করেন। প্রথম স্তম্ভটিকে বলে "গ্লোভার টাওয়ার" (Glover tower) এব শেষের স্তম্ভটিকে বলে "গে লুসাক টাওয়ার"। উনবি শ শতাব্দীতে জার্মান বৈজ্ঞানিকগণের চেষ্টায় "স স্পর্শ পদ্ধতির" (Contact process) উদ্ভব সম্ভব হয এব বর্তমানে "চেম্বার পদ্ধতি" এব "স স্পর্শ পদ্ধতি" এই উভয় পদ্ধতি দ্বারাই বাজারের চাহিদা মিটাইবার জন্য সমপবিমাণ সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদিত হইয়া থাকে।

সলফিউরিক অ্যাসিডের বিভিন্ন ধাতব লবণ প্রকৃতিতে পাওয়া যায় কিন্তু এই অ্যাসিড সাধারণত প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। কখনও কখনও সহরের বৃষ্টির জলে অতি অল্প পবিমাণ সলফিউরিক অ্যাসিড দেখা যায় কয়লাপোড়ানো হইতে উৎপন্ন সলফার ডাই অক্সাইড বায়ুর উচ্চ স্তরে বিদ্যুৎক্ষরণের ফলে উৎপন্ন নাইট্রোজেনেব অক্সাইডের উপস্থিতিতে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া সলফিউরিক অ্যাসিডে পবিণত হয় এব বৃষ্টির জলেব সহিত মিশিয়া ভূ পৃষ্ঠে নামিয়া আসে। $CaSO_4$ $2H_2O$ (জিপসম) $BaSO_4$ (বেরাইটেস্) $MgSO_4 \, H_2O$ (কাইজেরাইট) প্রভৃতি খনিজ প্রচুর পরিমাণে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি (1) সলফার ডাই অক্সাইড এব হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের সাক্ষাৎ স যোগের ফলে সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়

$$SO_2 + H_2O_2 = H_2SO_4$$

(2) সলফার ডাই অক্সাইডের জলের দ্রবণকে বায়ুর অক্সিজেন ক্লোরিণ অথবা নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতির দ্বাবা জারিত করিলে সলফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যাইতে পারে। $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$

$$2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4 \; ; \; H_2SO_3 + H_2O + Cl_2 = H_2SO_4 + 2HCl$$

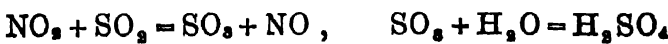
$$H_2SO_3 + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO_2 + H_2O$$

(3) সলফার ট্রাই অক্সাইড ও জলের বিক্রিয়া দ্বারা সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

উপরে লিখিত বিক্রিয়াগুলি দ্বারা পরীক্ষাগারে সামান্য পরিমাণ সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করা যাইতে পারে বটে কিন্তু ঐ সকল পদ্ধতিদ্বারা বাজারের চাহিদা মিটাইবার মত সলফিউরিক অ্যাসিড একেবারেই পাওয়া যায় না। বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে বছরে 30 হইতে 90 লক্ষ টন (1 টন = 27 মণ) সলফিউরিক

অ্যাসিড প্রযোজন হয়। তাই এই বিরাট চাহিদা মিটাইবার জন্ত বর্তমানে দুইটি বিভিন্ন পদ্ধতির দ্বারা সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনের ব্যবস্থা প্রচলিত দেখিতে পাওয়া যায। একটি হইল **প্রকোষ্ঠ** বা **চেম্বার পদ্ধতি** (Chamber Process) এব অন্যটি **স্পর্শ পদ্ধতি** (Contact Process)। উভয় ক্ষেত্রেই প্রথমে সলফার বা আয়রণ পাইরাইটিস বায়ুসহযোগে পোড়াইয়া সলফার ডাই অক্সাইড উৎপাদন করা হয এবং সলফার ডাই অক্সাইডকে অনুঘটকের উপস্থিতিতে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিযা সলফার ট্রাই অক্সাইডে রূপান্তরিত করা হয। এই প্রকারে উৎপন্ন সলফার ট্রাই অক্সাইড জলদ্বারা শোষিত করিলে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে সলফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায। উপরে উল্লিখিত দুই প্রকার পদ্ধতিতেই এই নীতি অনুসৃত হইযা থাকে। চেম্বার পদ্ধতিতে নাইট্রোজেনের অক্সাইড (NO_2 বা N_2O_3) অনুঘটকের কাজ করে এব স্পর্শ পদ্ধতিতে প্লাটিনামযুক্ত অ্যাস্‌বেস্টস্ অথবা ভ্যানাডিযাম পেণ্ট অক্সাইড (V_2O_5) অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয।

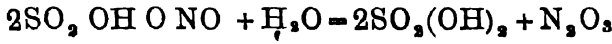
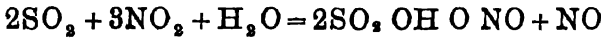
চেম্বার পদ্ধতির রাসাযনিক ভিত্তি এই পদ্ধতিতে সাধারণ চাপে নাইট্রোজেন পার অক্সাইডের সহিত সলফার ডাই অক্সাইড বাযু এব জল একত্রিত করা হয় এব তখন নাইট্রোজেন পার অক্সাইড কিছুটা পরিমাণ সলফার ডাই অক্সাইডকে জারিত করে ও নিজে নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত হয। এই নাইট্রিক অক্সাইড বাযু হইতে অক্সিজেন লইযা পুনরায় নাইট্রোজেন পার অক্সাইডে পরিণত হয। এই নাইট্রোজেন পার অক্সাইড পুনরায কতকটা পরিমাণ সলফার ডাই অক্সাইডকে সলফার ট্রাই অক্সাইডে পরিণত করে। এইভাবে সামান্য পরিমাণ নাইট্রোজেন পার অক্সাইড অনেক সলফার ডাই অক্সাইডকে জারিত করিযা সলফার ট্রাই অক্সাইড উৎপন্ন করে। পরে এই উৎপাদিত সলফার ট্রাই অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিযা সলফিউরিক অ্যাসিড দেয। এইখানে নাইট্রিক অক্সাইড বাযু হইতে অক্সিজেন লইযা সলফার ডাই অক্সাইডকে দেয়; ইহা অক্সিজেনের বাহকমাত্র।

$$NO_2 + SO_2 = SO_3 + NO, \quad SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

কিন্তু পরে এই সহজ মতবাদ গ্রহণ না করিয়া কোন কোন রসায়নবিদ্ সলফার ডাই অক্সাইড, নাইট্রোজেন পার অক্সাইড, জল এবং বাযুর বিক্রিয়ার ফলে

নাইট্রোসো সলফিউরিক অ্যাসিড নামে মধ্যবর্তী রাসায়নিক যৌগের গঠন কল্পনা করেন এবং পরে অধিক জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া উক্ত মধ্যবর্তী যৌগ ভাঙ্গিয়া গিয়া সলফিউরিক অ্যাসিড এবং নাইট্রোজেন ট্রাই অক্সাইড দিয়া থাকে বলিয়া উল্লেখ করেন।

$$2SO_2 + 3NO_2 + H_2O = 2SO_2\ OH\ O\ NO + NO$$

$$2SO_2\ OH\ O\ NO + H_2O = 2SO_2(OH)_2 + N_2O_3$$

এই মতবাদের পিছনে আছে জলের পরিমাণ কম পড়িলে চেম্বার কেলাসের (Chamber Crystals) আবির্ভাব।

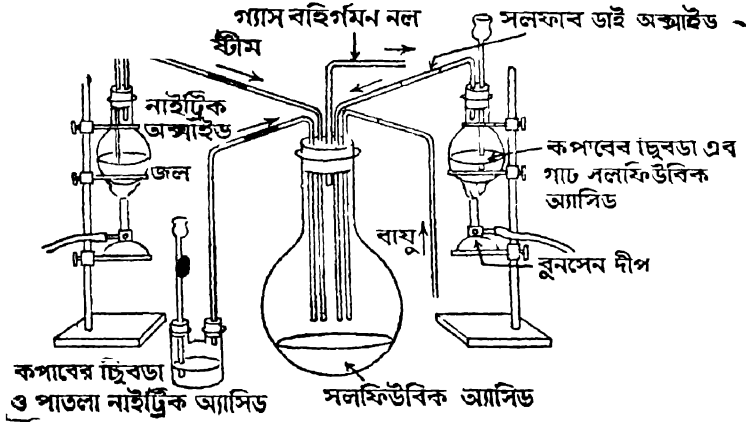
বর্তমানে সহজ মতবাদই যথার্থভাবে বিক্রিয়াটি দেখাইয়া থাকে বলিয়া মনে করা হয়।

চেম্বারের অভ্যন্তরে বিক্রিয়াটি যেভাবেই নিষ্পন্ন হউক না কেন বিক্রিয়ার শেষে অনুঘটককে সম্পূর্ণরূপেই পূর্বাবস্থায় পাওয়া যায়।

পরীক্ষাগারে চেম্বার পদ্ধতি অনুসরণ করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন চেম্বার পদ্ধতির সাহায্যে সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে হইলে সলফার ডাই অক্সাইড অক্সিজেন (অথবা বায়ু) জল এবং অনুঘটক হিসাবে নাইট্রোজেনের অক্সাইড (নাইট্রিক অক্সাইড এবং বায়ুর অক্সিজেনের সাহায্যে তাহা হইতে উৎপন্ন নাইট্রোজেন পার অক্সাইড) এই চারিটি বস্তু প্রয়োজন। বায়ু এবং জল সহজেই পাওয়া যায়, আর সলফার ডাই অক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করিয়া লওয়া হয়। এই পদার্থগুলিকে একটি পাত্রের ভিতর একত্রিত করিয়া বিক্রিয়া ঘটান হয়।

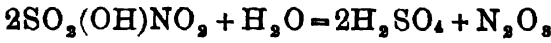
একটি 2 লিটার গ্যাস ধরিবার মত ফ্লাস্ক লওয়া হয়। ফ্লাস্কটির মুখে একটি রবারের ছিপি ভালভাবে আটিয়া লাগান হয়। উক্ত ছিপির মধ্য দিয়া সংযুক্ত ছবিতে দেখান মত পাঁচটি কাচের নল লাগানো হয় তাহার মধ্যে একটি উদ্বৃত্ত গ্যাসসমূহের বহির্গমন নল। সেইটি মাত্র ছিপির তলা পর্যন্ত লাগানো থাকে। অন্য চারিটি নলের শেষ প্রান্ত প্রায় ফ্লাস্কের তলদেশ পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে। এই চারিটি নলের একটিকে নাইট্রিক অক্সাইড তৈয়ারী করার জন্য সাজানো উলফের বোতলের নির্গম নলের সহিত সংযুক্ত করা হয়। উলফের বোতলে কপারের ছিবড়ার উপর সামান্যরূপ পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপাদন করা হয় অন্য একটি নল সলফার ডাই অক্সাইড তৈয়ারী করার জন্য সাজানো ফ্লাস্কের

নির্গম নলের সহিত যুক্ত করা হয়। এই ফ্লাস্কে কপারের ছিবড়ার সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া উত্তপ্ত করা হয়। তৃতীয় নলটি অন্য একটি ফ্লাস্কের মুখে লাগানো নির্গম নলের সহিত যোগ করা হয়। সেই ফ্লাস্কে জল ফুটাইয়া ষ্টীম উৎপাদিত করা হয়। চতুর্থ নলটি একটি ফুট ব্লোয়ারের (foot blower) সহিত সংযুক্ত করিয়া বিক্রিয়া ঘটাইবার বড় ফ্লাস্কে বায়ু প্রবেশ করানোর ব্যবস্থা করা হয়।

চিত্র নং 57

চারিটি নলের মধ্য দিয়া যথাক্রমে নাইট্রিক অক্সাইড, সলফার ডাই অক্সাইড, জলীয় বাষ্প (ষ্টীম) এবং বায়ু ফ্লাস্কটিতে প্রবেশ করে এবং তাহাদের মধ্যে বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। বিক্রিয়ার ফলে তৈলের মত একটি তরল পদার্থ ফ্লাস্কের তলায় সঞ্চিত হয়। ফ্লাস্কের ভিতর অবশিষ্ট গ্যাসের রং সামান্য বাদামী দেখায়। অতিরিক্ত গ্যাস পঞ্চম নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। ফ্লাস্কের তলায় সঞ্চিত তৈলের মত তরল পদার্থই সলফিউরিক অ্যাসিড। ইহার প্রমাণ উক্ত তরল পদার্থের সামান্য কয়েক ফোঁটা একটি পরীক্ষানলে লইয়া পাতিত জল মিশাইয়া পরে বেরিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ যোগ করিলে ভারী সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় এই অধঃক্ষেপ গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য। লেড নাইট্রেটের দ্রবণ অন্য একটি পরীক্ষা-নলে লইয়া কয়েক ফোঁটা ফ্লাস্কের তরল যোগ করিলে অ্যাসিডে অদ্রাব্য লেড সলফেটের ভারী সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

দ্রষ্টব্য ঃ যদি ফ্লাস্কের ভিতর ষ্টীমচালনা করা কিছু সময়ের জন্য বন্ধ করা হয় তাহা হইলে দেখা যায় যে, সাদা কেলাস ফ্লাস্কের গায়ে জমা হইয়াছে। এই সাদা

কেলাসের আণবিক সঙ্কেত $SO_2(OH)NO_2$। এই সাদা কেলাসকে **চেম্বার কেলাস** (Chamber Crystals) বলে। পুনরায় ষ্টীমচালনা করিলে সাদা কেলাস বিশ্লিষ্ট হইয়া অন্তর্হিত হয় এবং সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

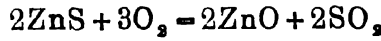
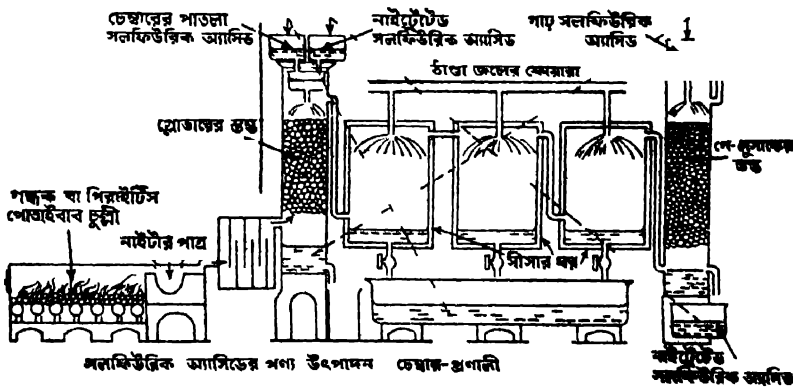
$$2SO_2(OH)NO_2 + H_2O = 2H_2SO_4 + N_2O_3$$

লেড চেম্বারের ভিতরেও জলের পরিমাণ কম হইলে এই সাদা কেলাস উৎপন্ন হইয়া চেম্বারের গায়ে জমা হয়। পুনরায় বেশী জল যোগ করিলেই এই সাদা কেলাস অন্তর্হিত হইয়া সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

চেম্বার পদ্ধতিদ্বারা সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন ইহার রাসায়নিক ভিত্তি পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে। সলফার ডাই অক্সাইড নাইট্রোজেন পার অক্সাইড এবং অক্সিজেন (বায়ু) মিশ্রিত করিয়া জলের সংস্পর্শে রাখিলেই সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। কিন্তু এই প্রক্রিয়াদ্বারা সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে যান্ত্রিক ব্যবস্থার বর্ণনা এই প্রসঙ্গে বিশেষ আলোচ্য বিষয়। এই পদ্ধতিতে সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে নিম্নলিখিত ক্রম অনুসৃত হয় (1) সলফার বা আয়রন পাইরাইটিস্ অধিক বায়ু প্রবাহে পোড়াইয়া সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন (2) নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন করিয়া অধিক উত্তাপে তাহার বিয়োজন সংসাধিত করিয়া নাইট্রোজেন পার অক্সাইড উৎপাদন (3) সলফার ডাই অক্সাইডের জারণদ্বারা সলফার ট্রাই অক্সাইডের উৎপাদন এবং তাহার সহিত জলের বিক্রিয়া ঘটাইয়া সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন, (4) অনুঘটকের পুনরুদ্ধারের ব্যবস্থা (গে লুসাক স্তম্ভ)।

এই প্রক্রিয়াতে যে সমস্ত উপাদান অংশ গ্রহণ করে তাহারা সকলেই গ্যাসীয় পদার্থ। ইহারা ভালভাবে মিশিয়া একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন করে। এই সমসত্ত্ব মিশ্রণে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিতে যথেষ্ট সময় লাগে এবং গ্যাসীয় পদার্থঘটিত বিক্রিয়া বলিয়া বিক্রিয়া ঘটাইবার পাত্রের আয়তনও বৃহৎ হওয়া প্রয়োজন। তাই বৃহদায়তন লেড নির্মিত প্রকোষ্ঠ এই বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজন হয়। তাহার ভিতর দিয়া যাইতে গ্যাসগুলির বেশ কিছুটা সময় লাগে এবং এমনভাবে প্রকোষ্ঠগুলি সাজান হয় যাহাতে গ্যাসগুলির সংমিশ্রণ বেশ ভালভাবে সংঘটিত হয়। তাহাতে বিক্রিয়াটি বেশ সুষ্ঠুভাবে নিষ্পন্ন হয়।

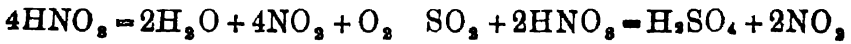
(1) **সলফার ডাই-অক্সাইডের প্রস্তুতি ঃ** চেম্বার পদ্ধতিতে সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে অত্যধিক পরিমাণ সলফার ডাই অক্সাইড প্রয়োজন হয়।

সেই সলফার ডাই অক্সাইড উৎপাদিত হয় আয়রণ পাইরাইটিস অধিক বায়ুতে পোড়াইয়া (in pyrites burners) অথবা সলফার পোড়াইয়া (in sulphur burners)। আয়রন পাইরাইটিস (FeS_2, ইহাতে শতকরা 50 ভাগ সলফার থাকে) অথবা সলফার পোড়াইবার জন্য অগ্নিসহ ইঁটের প্রস্তুত (made of fire bricks) চুল্লী ব্যবহার করা হয়। তাহার নীচের দিকে লোহার ঝাঁঝরি লাগান থাকে। তাহার উপর আয়রণ পাইরাইটিস অথবা সলফারের 1″ × 2″ টুকরা রাখা হয় এব ঝাঁঝরির নীচে অবস্থিত একসারি দীপদ্বারা বায়ুপ্রবাহে ইহাদের পোড়াইয়া সলফার ডাই অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়। দীপের ফাঁকের মধ্য দিয়া অতিরিক্ত বায়ু চুল্লীতে প্রবেশ করে। $4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$ $S + O_2 = SO_2$ সময় সময় কোল গ্যাসের কারখানায় উদ্ভূত নিঃশেষিত আয়রণ অক্সাইড (Spent oxide of iron of Gas Works ইহাতে শতকরা 50 ভাগ গন্ধক থাকে) অথবা জিঙ্ক ব্লেণ্ডি (Zinc blende ZnS ইহাতে শতকরা 21 ভাগ গন্ধক থাকে) বায়ুতে পোড়াইয়া সলফার ডাই অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়।

$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$$

সর্বদাই উৎপন্ন সলফার ডাই অক্সাইডের সহিত অবশিষ্ট অতিরিক্ত বায়ু (অক্সিজেন) মিশিয়া থাকে। এই গ্যাসমিশ্রণে শতকরা 8 ভাগ সলফার ডাই অক্সাইড শতকরা 10 ভাগ অক্সিজেন এব বাকী শতকরা 82 ভাগ নাইট্রোজেন থাকে।

চিত্র নং 58

(2) নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের উৎপাদন এবং তাহাদ্বারা সলফার ডাই অক্সাইডের জারণ উত্তপ্ত সলফার ডাই অক্সাইড এবং

অতিরিক্ত বায়ু চুল্লী হইতে বাহির হইয়া পাইরাইটিস পোড়াইবার চুল্লীর উপর দিকে অবস্থিত ছোট 'নাইটার' পাত্রের (nitre pots) উপর দিয়া প্রবাহিত হয়। 'নাইটার' পাত্রে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড এবং চিলি সল্ট-পিটার (Chile salt petre, sodium nitrate, $NaNO_3$) রাখা হয়। গ্যাসমিশ্রণের উত্তাপে সেখানে নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প (nitric acid vapour) উৎপন্ন হইয়া থাকে এবং অধিক উষ্ণতায় এবং সলফার ডাই অক্সাইডের বিজারণ প্রক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড বিশ্লিষ্ট হইয়া নাইট্রোটেজেন পার অক্সাইড দেয়।

$$4HNO_3 = 2H_2O + 4NO_2 + O_2 \quad SO_2 + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO_2$$

এইভাবে উৎপন্ন নাইট্রোজেন পার অক্সাইড গ্যাসপ্রবাহের সহিত মিশিয়া যায়। এই গ্যাসমিশ্রণটি একটি ছোট খালি স্তম্ভের ভিতর দিয়া চালনা করা হয়। স্তম্ভটিতে ব্যাফল প্লেট (battle plates) লাগান থাকে। এইখানে গ্যাসমিশ্রণটি আকাবাঁকাভাবে যাওয়ার ফলে ধূলিমুক্ত হয় এবং উহার উষ্ণতা কমিয়া যায়। এই গ্যাসপ্রবাহ অতঃপর গ্লোভার স্তম্ভের নিম্নদেশ দিয়া স্তম্ভে প্রবেশ করে।

(3) গ্লোভার স্তম্ভ (Glover tower) —এই স্তম্ভটি অ্যাসিড সহ (acid proof) দ্রব্যদ্বারা তৈয়ারী এবং বাহিরে লেডের পাত দিয়া মোড়া। ইহার উপরের এবং নীচের কিছুটা অংশ বাদ দিয়া ভিতরের সমস্তটা অংশ ফ্লিন্টের (flint) টুকরা অথবা কোয়ার্জের (quartz স্ফটিক) টুকরাদ্বারা ভর্তি করিয়া দেওয়া থাকে। এই স্তম্ভটির উপরে দুইটি ট্যাঙ্ক (tank) থাকে। তাহার একটিতে স্তম্ভের পরেই অবস্থিত লেড প্রকোষ্ঠে (lead chambers) উৎপন্ন নাতিগাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড (chamber acid) (65/) পাম্পের সাহায্যে ভর্তি করা হয় এবং অপরটিতে গে লুসাক স্তম্ভের তলা হইতে প্রাপ্ত "নাইট্রেটেড" সলফিউরিক অ্যাসিড (nitrated acid) পাম্পের সাহায্যে তুলিয়া ভর্তি করা হয়। পরে ট্যাঙ্ক দুইটির নীচে অবস্থিত পাইপের সাহায্যে গ্লোভার স্তম্ভের ভিতর পড়িতে দেওয়া হয়। স্তম্ভের ভিতর দিয়া পড়িবার সময় এই শীতল অ্যাসিড দুইটি ঊর্ধ্বগামী উষ্ণ গ্যাসপ্রবাহের (400 সেন্টিগ্রেড) সহিত সংস্পর্শে আসে। ফ্লিন্ট বা কোয়ার্জের টুকরাগুলি থাকার ফলে গ্যাসগুলির ঘনিষ্ঠ মিশ্রণের সুবিধা হয়। এই স্তম্ভ ব্যবহার করার ফলে নিম্নলিখিত পরিবর্তনগুলি ঘটিয়া থাকে —

(ক) অপেক্ষাকৃত পাতলা চেম্বারে উৎপন্ন সলফিউরিক অ্যাসিড উষ্ণতর

গ্যাসের সংস্পর্শে আসিয়া উত্তপ্ত হয় এবং সেই উত্তাপে উহার জল বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং স্তম্ভের নীচে গাঢ়তর সলফিউরিক অ্যাসিড জমা হয়।

(খ) 'নাইট্রেটেড' সলফিউরিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রোজেনের অক্সাইড অপসারিত হয় এব গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইয়া স্তম্ভের নীচে সঞ্চিত হয়। এইখানে "নাইট্রেটেড" সলফিউরিক অ্যাসিড নাইট্রোজেন অক্সাইড শূন্য (denitrated) হয়। $2SO_2 \, OHO \, NO + H_2O = 2H_2SO_4 + N_2O_3$,

$$N_2O_3 = NO_2 + NO$$

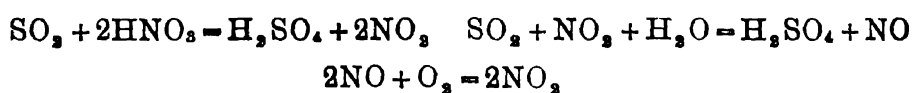
(গ) গ্যাসমিশ্রণের উষ্ণতা উপরিলিখিত দুইটি প্রক্রিয়া সাধন করিতে অনেক পরিমাণে কমিয়া যায় এব লডপ্রকোষ্ঠে প্রবেশের সময় উহাব উষ্ণতা 30 হইতে 35 সেন্টিগ্রেড মাত্র হয়।

(ঘ) নাইট্রোজেন পার অক্সাইড অনুঘটকের সাহায্যে এব পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন জলীয় বাষ্পেব উপস্থিতিতে এই স্তম্ভেব ভিতরেই কিছুটা সলফার ডাই অক্সাইড (প্রায় শতকরা 25 ভাগ) জারিত হইয়া সলফিউরিক অ্যাসিডে পবিণত হয়।

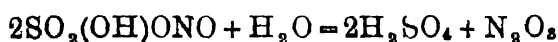
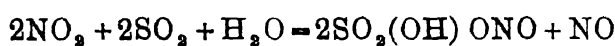
স্তম্ভের ভিতর দিয়া আসিয়া যে সকল অ্যাসিড স্তম্ভের নীচে জমা হয় তাহা স্তম্ভের নীচে অবস্থিত একটি সীসার চৌবাচ্চায় সঞ্চিত করা হয়। ইহাতে শতকরা 78 ভাগ অ্যাসিড থাকে এব ইহার ঘনত্ব 1 72। চেম্বাব পদ্ধতিতে ইহা অপেক্ষা গাঢ়তর অ্যাসিড পাওয়া যায় না। ইহাব পব স্তম্ভের উপর দিয়া গ্যাসমিশ্রণটি বাহিব হইয়া লেড চেম্বাবেব নীচে অবস্থিত নলদ্বাবা চেম্বারে প্রবেশ করে।

(4) **লেড চেম্বার** লেডের (সীসাব) পাতেব দ্বাবা প্রস্তুত চতুষ্কোণ প্রকোষ্ঠ পব পব তিনটি বা পাঁচটি সাজাইয়া দেওয়া হয়। অক্সি হাইড্রোজেন শিখার সাহায্যে লেড গলাইয়া কোণগুলি মুড়িয়া দেওয়া হয়। [ইহাকে অটোজেনাস সলডারি (autogenous soldering) বলে]। এই লেড নির্মিত প্রকোষ্ঠগুলি কাঠের ফ্রেমে আঁটিয়া রাখা হয। এই প্রকোষ্ঠগুলিব ছাদের সহিত লাগানো সরু নল হইতে শীতল জলের ধারা ঝবণার আকাবে প্রকোষ্ঠগুলির ভিতর বর্ষণ করা হয়। এই প্রকোষ্ঠগুলিতে এমনভাবে গ্যাস মিশ্রণেব প্রবাহ চালনা করা হয় যাহাতে গ্যাসগুলি ভালভাবে মিশিতে পারে। তখন অবশিষ্ট সমস্ত সলফার ডাই অক্সাইড জারিত হইয়া সলফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং উক্ত

সলফিউরিক অ্যাসিড প্রকোষ্ঠগুলির মেঝেতে (floor) জমা হয়। ইহাকে **চেম্বার-অ্যাসিড** বলে। এই অ্যাসিডের ঘনত্ব 1.55 এবং উহাতে শতকরা 65 ভাগ অ্যাসিড থাকে। ইহা অপেক্ষা ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড লেড প্রকোষ্ঠে উৎপাদন করা যায় না কারণ তাহা হইলে ঘন অ্যাসিডে নাইট্রোজেনের অক্সাইড দ্রবীভূত হইবে এবং তখন লেড অ্যাসিডে গলিয়া যাইয়া চেম্বার নষ্ট করিয়া দিবে। চেম্বারের উষ্ণতা দেখিবার জন্য প্রকোষ্ঠের দেওয়ালে থার্মোমিটার (Thermometer) লাগানো থাকে। লেড চেম্বারের ভিতর নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি ঘটিয়া থাকে —

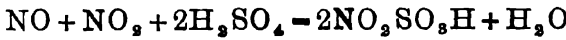
$$SO_2 + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO_2 \quad SO_2 + NO_2 + H_2O = H_2SO_4 + NO$$
$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

মেঝের উপর সঞ্চিত অ্যাসিড চেম্বারের নীচে লাগানো নল দ্বারা চেম্বারের নীচে অবস্থিত একটি লেডের চৌবাচ্চায় সংগ্রহ করা হয়। সেই চৌবাচ্চা হইতে পাম্পের সাহায্যে এই অ্যাসিডকে গ্লোভার স্তম্ভের উপরে অবস্থিত ট্যাঙ্কে তুলিয়া দেওয়া হয়। পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে গ্লোভার স্তম্ভের ভিতর দিয়া যাইয়া এই শতকরা 65 ভাগ অ্যাসিড শতকরা 78 ভাগ অ্যাসিডে ঘনীভূত হয়।

যখন জলের সরবরাহ কম পড়ে তখন চেম্বারের ভিতর চেম্বার কেলাস উৎপন্ন হয়। কিন্তু জলের পরিমাণ বাড়াইয়া দিলেই চেম্বার কেলাসগুলির জলের সহিত বিক্রিয়া ঘটে এবং সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$2NO_2 + 2SO_2 + H_2O = 2SO_2(OH)ONO + NO$$
$$2SO_2(OH)ONO + H_2O = 2H_2SO_4 + N_2O_3$$

সেই কারণে চেম্বারে জল সরবরাহ এরূপভাবে করা হয় যে যাহাতে অ্যাসিড অত্যধিক পাতলা হইয়া না যায়, আবার শতকরা 68 হইতে 70 ভাগ অ্যাসিডের বেশী ঘন যেন না হয় এবং চেম্বার কেলাসের উৎপাদন বন্ধ হয়। চেম্বারে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটার পর যে গ্যাস অবশিষ্ট থাকে তাহাকে গে লুসাক স্তম্ভের নিম্নদেশে প্রবেশ করিতে দেওয়া হয়।

(5) গে-লুসাক স্তম্ভ (Gay Lussac's tower). এই স্তম্ভটির গঠন গ্লোভার স্তম্ভের মতই, কিন্তু ইহার ভিতরটা লেডের পাত দিয়া মোড়া থাকে। ইহা কোক কয়লার টুকরাদ্বারা ভর্তি করা থাকে। ইহার উপরে একটি ট্যাঙ্কে

গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড রাখা হয়। এই গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড স্তম্ভের ভিতর অবস্থিত কোক কয়লার স্তরের ভিতর দিয়া ধীরে ধীরে নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। এই স্তম্ভের ভিতর উর্ধ্বগামী গ্যাস উক্ত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ভালভাবে স স্পর্শে আসে এব তাহাতে উহার নাইট্রোজেন অক্সাইডগুলি গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডদ্বাবা শোষিত হয় এব নাইট্রেটেড' সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয। এই নাইট্রেটেড অ্যাসিড স্তম্ভের নীচে জমা হয় এব সেখান হইতে পাম্পের সাহায্যে গ্লোভার স্তম্ভের উপরে অবস্থিত দ্বিতায় ট্যাঙ্কে তুলিয়া দেওয়া হয।

$$NO + NO_2 + 2H_2SO_4 = 2NO_2SO_3H + H_2O$$

নাইট্রোসিল সলফিউরিক অ্যাসিড

গে লুসাক স্তম্ভটি মূল্যবান অনুঘটকের অপচয নিবারণ করে।

(6) গে লুসাক স্তম্ভ হইতে যে গ্যাস বাহিরে আসে তাহাকে একটি চিমনীর ভিতর দিয়া বায়ুমণ্ডলীতে ছাড়িয়া দেওয়া হয়।

এই চিমনীটির কার্য হইল এই যে সমস্ত প্ল্যাণ্টের (plant) ভিতর দিয়া গ্যাসমিশ্রণটিকে সুষ্ঠুভাবে টানিয়া লইয়া আসা।

দ্রষ্টব্য সমস্ত প্রক্রিয়াটি গ্যাসীয় পদার্থগুলিব সুষ্ঠু মিশ্রণের উপর নিভর করে। তাই প্রত্যেক স্তরেই যাহাতে গ্যাসগুলির সুষ্ঠু মিশ্রণ সম্ভব হয় তাহার ব্যবস্থা করা হইযাছে। প্রথম চেম্বারে গ্যাসমিশ্রণটি চেম্বাবের নীচেব দিকে অবস্থিত নলদ্বারা প্রবেশ করে এব পবে চেম্বারের উপরে অবস্থিত নলদ্বারা বাহির হইয়া দ্বিতীয় চেম্বারের উপবের দিক দিয়া দ্বিতীয় চেম্বাবে প্রবেশ কবে। এইভাবে প্রবাহিত করার ফলে গ্যাসগুলি ভালভাবে মিশিয়া থাকে এবং তাহাতে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণরূপে ঘটিবার সুযোগ পায়। বর্তমানে প্রত্যেক দুইটি চেম্বারের ভিতর টাওয়ার (Reaction tower) বসান হয এব টাওয়ারগুলির ভিতর এমনভাবে ইষ্টক সাজান থাকে যে গ্যাসগুলিকে আকা বাঁকা পথে চলিতে হয়। তাহাতে গ্যাসের সুষ্ঠু মিশ্রণ হইয়া থাকে। কোন কোন স্থানে চেম্বারগুলি একেবারেই ব্যবহার না করিয়া 3টি বা 5টি টাওয়ার মাত্র ব্যবহার করা হয় এব, টাওয়ারে জলের ঝরণাধারা প্রবাহিত করার ব্যবস্থা থাকে। তাহাতে টাওয়ারেই সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সলফিউরিক অ্যাসিডের পরীক্ষাগার-

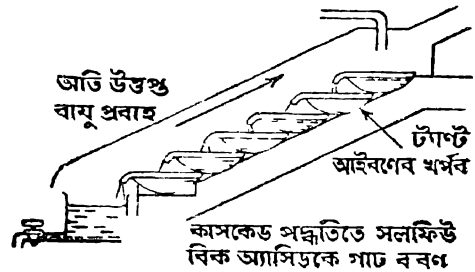
উৎপাদন এবং পণ্য উৎপাদনের ভিতর যে পার্থক্য লক্ষিত হয় তাহা নিম্নে দেখান হইল —

পরীক্ষাগার-প্রণালী	পণ্য-উৎপাদন-প্রণালী
১। ইহাতে প্রয়োজনীয় সলফার ডাই অক্সাইড কপারেব ছিবড়ার সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া পাওয়া যায়।	১। এই প্রণালীতে আয়রন পাইরাইটিস বা সলফার বায়ুতে পোড়াইয়া প্রয়োজনীয় সলফাব ডাই অক্সাইড উৎপাদন করা হয়।
২। অনুঘটক বা অক্সিজেন পবিবাহক নাইট্রিক অক্সাইড কপাবের ছিবড়াব উপর নাতিগাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ কবিয়া পাওয়া যায়।	২। এই প্রণালীতে সোডিয়াম নাইট্রেট গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করিয়া প্রথমে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন করা হয় এবং উত্তাপে এই নাইট্রিক অ্যাসিডের বিয়োজন হইতে নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ উৎপন্ন হয়।
৩। বিক্রিয়ার শেষে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ফিরিয়া পাইবাব কোন ব্যবস্থা নাই।	৩। বিক্রিয়ার শেষে গে লুসাক স্তম্ভে নাইট্রোজেন পার অক্সাইড ফিরিয়া পাইবার ব্যবস্থা কবা হয়।
৪। নাইট্রোজেন পার অক্সাইড ফিরিয়া পাইবাব এবং পুনরায় ব্যবহার করিবার ব্যবস্থা নাই।	৪। ফিরিয়া পাওয়া নাইট্রোজেন পার অক্সাইড পুনবায় গ্লোভার স্তম্ভে ব্যবহৃত হয়।
৫। সাধারণত এই প্রক্রিয়ায় ষ্টীম ব্যবহার করা হয়।	৫। সাধারণত ঠাণ্ডা জলের ঝরণা দ্বারা ব্যবহার করা হয়।

দ্রষ্টব্য। চেম্বারে ষ্টীম ব্যবহার করিলে চেম্বারের স্থায়িত্ব কমিয়া আসে। ষ্টীম ব্যবহার করিলে চেম্বারগুলি 7 8 বৎসর ব্যবহার করা যায় কিন্তু ঠাণ্ডা জল ব্যবহার করিলে 13 14 বৎসর পর্যন্ত চেম্বারগুলি স্থায়ী হয়।

চেম্বারে উৎপন্ন সলফিউরিক অ্যাসিডের গাঢ়ীকরণ (Concentration of Chamber Acid) চেম্বার পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যাসিডের সর্বাধিক গাঢ়ত্ব হইল শতকরা 78 ভাগ, কিন্তু সাধারণত শতকরা 65 ভাগ অ্যাসিডই এই প্রণালীতে

উৎপন্ন হইয়া থাকে কিন্তু সীসার কড়াইএ বাষ্পীভবন দ্বারা ইহাকে শতকরা 78 ভাগ অ্যাসিডে পরিবর্তিত করা যায়। এই অ্যাসিডকে ব্রাউন অয়েল অফ ভিট্রিয়ল (Brown oil of vitriol B O V) বলে। এইরূপ গাঢ় অ্যাসিড সুপারফসফেট অফ লাইম (Superphosphate of lime) অ্যামোনিয়াম সলফেট ইত্যাদি তৈয়ারী করিতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। কিন্তু অন্যান্য অনেক রাসায়নিক শিল্পে গাঢ়তম সলফিউরিক অ্যাসিডের প্রয়োজন হয়। সুতরাং চেম্বার পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যাসিডকে আরও গাঢ় করা হয়। এই গাঢ়ীকরণের কয়েকটি পদ্ধতিই প্রচলিত আছে। শতকরা 78 ভাগ অ্যাসিডকে কাচ বা সিলিকানির্মিত বকযন্ত্র হইতে পাতিত করিলে শতকরা 98 5 ভাগ অ্যাসিড পাওয়া যায় কিন্তু পণ্য উৎপাদনে প্রাপ্ত এত অধিক পরিমাণ অ্যাসিডকে উক্ত উপায়ে গাঢ়ীকরণ সম্ভব নয়। তাই **কাস্কেড প্রণালী (Cascade System)** দ্বারা উহাকে ঘনীভূত করা হয়। এই প্রণালীতে সিলিকা অথবা ডুর আয়রন (dur iron) বা ট্যাণ্ট আয়রন (tant iron) নামক আয়রন ও সিলিকনের মিশ্রণ দ্বারা নির্মিত ঠোঁট (Spout) যুক্ত বড় বড় খর্পর (basin) লওয়া হয় এবং উক্ত খর্পরগুলিকে বদ্ধ জায়গায় একদিকে ঢালু একটি সিঁড়ির ধাপে ধাপে রাখা হয়। এইভাবে রাখার ফলে উপরের খর্পরের ঠোঁট (lip) দিয়া ফোঁটা ফোঁটা অ্যাসিড নীচের খর্পরে অনায়াসে পড়ে। সকলের উপরের খর্পরে পাতলা চেম্বার অ্যাসিড আস্তে আস্তে ঢালা হয়। সিঁড়ির নীচে কোক পোড়াইয়া খর্পরগুলিকে উত্তপ্ত করা হয় এবং উত্তপ্ত বায়ু প্রবাহ খর্পরগুলির উপর দিয়া চালনা করা হয়। অ্যাসিডের জল বাষ্পীভূত হইয়া উপিয়া যায় এবং উপরের খর্পর হইতে নীচে

কাসকেড পদ্ধতিতে সলফিউরিক অ্যাসিডকে গাঢ় করণ

চিত্র নং 59

অবস্থিত খর্পরে অ্যাসিড গাঢ় হইয়া আসিয়া পড়ে এইভাবে শেষ খর্পরে যে অ্যাসিড আসিয়া পড়ে তাহা শতকরা 95 ভাগ অ্যাসিড। এই 95% অ্যাসিডকে ঢালাই লৌহের পাত্রে অবস্থিত 98% ফুটন্ত সল্‌ফিউরিক অ্যাসিডে যোগ করিয়া জল বাষ্পাকারে উড়াইয়া দিলে 98% অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে বদ্ধ স্থানে পাতলা অ্যাসিড হইতে যে বাষ্প উৎপন্ন হয় তাহাতে সলফিউরিক অ্যাসিডের

অতি সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম বিন্দু মিশিয়া থাকে। সেই কারণে উদ্ভূত বাষ্পকে একটি আবদ্ধ কক্ষে চালনা করা হয়। সেই কক্ষে 20000 হইতে 30000 ভোল্টে চার্জ করা লেড দিয়া মোড়া ধাতব পাত ঝোলান থাকে। সলফিউরিক অ্যাসিডের সূক্ষ্ম বিন্দুগুলি সেই ধাতব পাতের উপর জমা হয় এব একত্রিত হইয়া বড় বিন্দুতে পরিণত হয়। এইভাবে সলফিউরিক অ্যাসিডের অপচয় বন্ধ করা হয়।

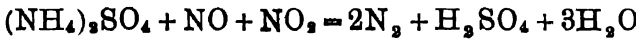
দ্রষ্টব্য এই 98% অ্যাসিডকে 100% অ্যাসিডে পরিণত করিতে হইলে উক্ত অ্যাসিডের সহিত উপযুক্ত পরিমাণ ওলিযাম (Oleum, অথবা fuming sulphuric acid; ইহাতে সলফার ট্রাই অক্সাইড আছে এবং ইহার কথা পরবর্তী সংস্পর্শ পদ্ধতিতে বলা হইয়াছে) যোগ করিতে হয়।

কোন কোন জায়গায় একটি খুব উঁচু স্তম্ভের উপর হইতে পাতলা অ্যাসিড ঝরণার আকারে পড়িতে দেওয়া হয় এব স্তম্ভের নীচে হইতে অতি উত্তপ্ত প্রোডিউসার গ্যাস চালনা করা হয়। উত্তপ্ত হওয়ার ফলে অ্যাসিডের সূক্ষ্ম কণা হইতে সহজেই জল উড়িয়া যায় এব অ্যাসিড ঘনীভূত হয়। ঘনীভূত সলফিউরিক অ্যাসিড স্তম্ভের নিম্নে জমা হয়। এই স্তম্ভগুলিকে **গেইলার্ড স্তম্ভ** (Gaillard tower) বলে।

এই পদ্ধতিতে জলের বাষ্পের সহিত অ্যাসিডের অতি সূক্ষ্ম কণা মিশিয়া থাকে এব পূর্বে বর্ণিত উপায়ে এই কণাগুলিকে একটি স্বতন্ত্র কক্ষে ধাতব পাতের উপর জমা করিয়া বড় বিন্দুতে রূপান্তরিত করা হয়।

চেম্বার অ্যাসিডের বিশুদ্ধীকরণ বাজারে যে পণ্য সলফিউরিক অ্যাসিড (78% অ্যাসিড) পাওয়া যায় তাহার র বাদামী হয় এব সেইজন্য উহাকে ব্রাউন অয়েল অফ ভিট্রিয়ল বলে। ইহাতে অনেক প্রকার অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে যদিও তাহাদের পরিমাণ কম। আরসেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3, আয়রণ পাইরাইটিস হইতে আগত) লেড সলফেট ($PbSO_4$ চেম্বারের লেড হইতে উদ্ভূত) নাই ট্রোজেনের অক্সাইড সলফার ডাই অক্সাইড জল এব জৈব পদার্থ অশুদ্ধিরূপে মিশিয়া থাকে। জৈবপদার্থ হইতে উদ্ভূত কার্বনই এই অ্যাসিডের বাদামী র এর কারণ। এই অ্যাসিড হইতে বিশুদ্ধ অ্যাসিড পাইতে হইলে উহাকে প্রথমে জল মিশাইয়া পাতলা করা হয়। তাহাতে লেড সলফেটের প্রায় সমস্তটাই অধঃক্ষিপ্ত হইয়া যায়। তৎপরে দ্রবণের মধ্য দিয়া সলফিউরেটেড হাইড্রোজেন (H_2S) গ্যাস চালনা করা হয়। ইহাতে আর্সেনিক এবং অবশিষ্ট লেড যথাক্রমে আর্সেনিক সলফাইড (As_2S_3) এবং লেড সলফাইড (PbS) রূপে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া থাকে।

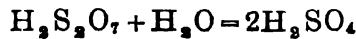
অ্যাসিড হইতে এই অধ ক্ষেপগুলি চিক্কণলেপবিহীন (unglazed) পোর্সিলেনের ভিতর দিয়া পোর্সিলেনেব পাত্রের বাহিরে চাপ হ্রাস করিয়া পরিস্রাবণ সম্পাদন করিয়া পৃথক করা হয়। তাহাব পরে পরিস্রুতের সহিত অ্যামোনিয়াম সলফেট মিশাইয়া কাচের পাত্র বা সিলিকার পাত্র হইতে পাতিত করিয়া নাইট্রোজেনের অক্সাইড হইতে মুক্ত করা হয়।

$$(NH_4)_2SO_4 + NO + NO_2 = 2N_2 + H_2SO_4 + 3H_2O$$

পাতিত করার ফলে শেষের দিকে 98/ বিশুদ্ধ অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই অ্যাসিডের সহিত ওলিয়ম মিশাইয়া অ্যাসিডকে 10 সেন্টিগ্রেডে ঠাণ্ডা করিলে 100% বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিডের কেলাস পাওয়া যায়।

স‌ংস্পর্শ পদ্ধতি (Contact Process) স স্পর্শ পদ্ধতিব আলোচনা কবিতে গেলে প্রথমে ইহার রাসাযনিক তত্ত্ব আলোচনা কবা প্রয়োজন। এই পদ্ধতিতে সলফার ডাই অক্সাইডএর সহিত বাযুব অক্সিজেনের রাসায়নিক স যোগ স ঘটিত করিয়া সলফার ট্রাই অক্সাইড উৎপন্ন কবা হয়। কিন্তু এই বাসায়নিক স যোগ সাধাবণ অবস্থায় স ঘটিত কবা যায না। সেই কাবণে শুষ্ক এব বিশুদ্ধ সলফার ডাই অক্সাইড এব অতিবিক্ত বাযুব মিশ্রণকে 450 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সূক্ষ্ম প্লাটিনাম যুক্ত অ্যাস্‌বেস্‌টস্‌ অথবা 500 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ভ্যানাডিযাম পেণ্ট অক্সাইড অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার করিয়া উহাদের উপর দিয়া প্রবাহিত কবিয়া সলফার ট্রাই অক্সাইড উৎপাদন করা হয়। $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$

এইভাবে উৎপন্ন সলফাব ট্রাই অক্সাইডকে শতকবা 98 ভাগ সলফিউরিক অ্যাসিডেব (গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের) ভিতব দিয়া অতিক্রম করাইয়া শোষণ কবা হয় এব তাহাতে ওলিয়াম (oleum) উৎপন্ন হয়। $H_2SO_4 + SO_3 = H_2S_2O_7$

এই ওলিয়ামের সহিত যথোপযুক্ত পবিমাণ জল বা পাতলা সলফিউবিক অ্যাসিড যোগ করিয়া শতকরা 98 ভাগের সলফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$H_2S_2O_7 + H_2O = 2H_2SO_4$$

এই সহজ প্রক্রিয়া কার্যকরীভাবে প্রয়োগ করিতে হইলে কতকগুলি সর্ত মানিয়া চলিতে হয়। নিম্নে সেইগুলি উল্লেখ করা হইল

(1) সলফার বার্নার (sulphur burners) হইতে যে সলফার ডাই অক্সাইড, অক্সিজেন এব নাইট্রোজেনের মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাতে ধূলিকণা আর্সেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3) সলফাবের সূক্ষ্ম গুড়া, সলফিউরিক অ্যাসিডের সূক্ষ্ম কণা

(কুয়াসার আকারে) প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে। এই অশুদ্ধিগুলির উপস্থিতি অনুঘটকের পক্ষে বিষবৎ ক্রিয়া করে এবং তাহাদের সংস্পর্শে অনুঘটকের কর্মশক্তি একেবারে নষ্ট হইয়া যায়। সেই কারণে সলফার বার্নার হইতে প্রাপ্ত গ্যাসগুলির মিশ্রণকে এই অশুদ্ধিগুলি হইতে সম্পূর্ণভাবে মুক্ত করা বিশেষ প্রয়োজন।

(2) সলফার ডাই অক্সাইড এবং অক্সিজেনের যে বিক্রিয়া হয় তাহা উভমুখী এবং তাপোৎপাদক (exothermic) $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 45000$ ক্যালোরি। সেই কারণে উত্তাপ বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে সলফার ট্রাই অক্সাইড ভাঙ্গিয়া যায় এবং সলফার ডাই অক্সাইডে পরিণত হয়, তাই উৎপন্ন গ্যাসে সলফার ট্রাই অক্সাইডের পরিমাণ কমিয়া যায়। তাই যত কম উষ্ণতায় সম্ভব বিক্রিয়াটি নিষ্পন্ন করিতে চেষ্টা করা হয়। কিন্তু উত্তাপ কম প্রয়োগ করিলে প্রক্রিয়াটিতে অনেক সময় লাগে। সেই কারণে এমন একটি উষ্ণতায় বিক্রিয়াটি নিষ্পন্ন করা হয় যেখানে পরস্পরবিরোধী ফলের সামঞ্জস্য রক্ষা হয় এবং কম সময়ে বেশী সলফার ট্রাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়। পণ্য উৎপাদনে কম সময়ে বেশী মাল উৎপাদনই লক্ষ্য। প্লাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে 450 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতাই বিশেষ সুবিধাজনক দেখা যায়। এই উষ্ণতাকে **সর্বোত্তম উষ্ণতা** (optimum temperature) বলে। প্লাটিনাম অনুঘটকের উষ্ণতা যাহাতে ইহার উপর না উঠে তাহার জন্য বিশুদ্ধীকৃত শীতল গ্যাসসমূহের মিশ্রণের সাহায্যে অনুঘটককে ঠাণ্ডা করা হয়।

(3) অতিরিক্ত অক্সিজেনের উপস্থিতিতে $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$ এই বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণরূপে সংঘটিত হইবার সম্ভাবনা থাকে। এই অতিরিক্ত অক্সিজেন সলফার বার্নারে অতিরিক্ত বায়ুতে সলফার পোড়াইয়া যে গ্যাসমিশ্রণটি পাওয়া যায় তাহাতেই থাকে কারণ ঐ গ্যাসমিশ্রণে সাধারণতঃ শতকরা 7 ভাগ সলফার ডাই অক্সাইড, 10.4 ভাগ অক্সিজেন বাকীটা নাইট্রোজেন থাকে। মিশ্রণের শতকরা 7 ভাগ সলফার ডাই অক্সাইডকে সলফার ট্রাই অক্সাইডে পরিণত করিতে উপরে লিখিত সমীকরণ অনুসারে মিশ্রণে শতকরা 4 ভাগ অক্সিজেন থাকিলেই যথেষ্ট হয়।

(4) অতি সামান্য সলফার ট্রাই অক্সাইড জলে শোষিত হয়। তাহার কারণ জলের ভিতর সলফার ট্রাই অক্সাইড চালনা করিলে এত বেশী উত্তাপ উদ্ভূত হয় যে, সলফার ট্রাই অক্সাইড সাদা কুয়াশার আকারে বাহির হইয়া যায়। সুতরাং সলফার ট্রাই অক্সাইডের শোষণ শতকরা 98 ভাগ সলফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা সংঘটিত করা হয়।

উপরে লিখিত সর্তানুযায়ী নিম্নলিখিত ক্রম অনুসারে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়।

(1) বার্ণার

আয়রন পাইরাইটিসকে (FeS_2) অথবা সলফারকে চুল্লীতে অতিরিক্ত বায়ু প্রবাহে পোড়াইয়া সলফার ডাই অক্সাইড ও অক্সিজেনের মিশ্রণ উৎপাদন করা হয়। $4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$

(2) **বিশোধক (Purifier)** (*i*) এই গ্যাস মিশ্রণকে প্রথমে ধূলিকণা ও আর্সেনিয়াস অক্সাইড হইতে মুক্ত করিবার জন্য একটি প্রকোষ্ঠে চালনা করা হয়। এই প্রকোষ্ঠটিকে **ধূলিপ্রকোষ্ঠ (dust chamber)** বলে। এই প্রকোষ্ঠে ষ্টীম প্রবেশ করান হয়। এই ষ্টীম কঠিন ভাসমান ধূলিকণা ও আর্সেনিয়াস অক্সাইডের উপর জমা হইয়া উহাদিগকে ভারি করিয়া তোলে এবং তাহার ফলে উহারা প্রকোষ্ঠের তলায় জমা হয়। (*ii*) পরে এই গ্যাসমিশ্রণটিকে একটি সীসার (লেডের) কুণ্ডলীনলের (lead pipes) মধ্য দিয়া লওয়া হয় এবং তাহার ফলে গ্যাসমিশ্রণের উত্তাপ কমিয়া যায়। (*iii*) গ্যাসমিশ্রণটি পরে একটি পাথরের

সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন। কন্টাক্ট প্রণালী

চিত্র নং 60

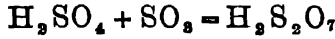
টুকরাভর্তি স্তম্ভের নিম্নদেশে প্রবেশ করান হয় এবং স্তম্ভের উপর হইতে জলের ঝরণাধারা প্রবাহিত করা হয়। ইহাতে গ্যাসমিশ্রণের দ্রাব্য অশুদ্ধিগুলি সম্পূর্ণরূপে চলিয়া যায়। গ্যাসমিশ্রণটি ইহাতে আর্দ্র অবস্থায় আসে। (*iv*) তৎপরে গ্যাসমিশ্রণটিকে অন্য একটি স্তম্ভের তলদেশে প্রবেশ করান হয়। এই স্তম্ভটিও অ্যাসিড অভেদ্য পাথরের কুচিদ্বারা ভর্তি করা থাকে এবং ইহার উপর হইতে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড স্তম্ভের ভিতর পড়িতে দেওয়া হয়। ইহাতে গ্যাসমিশ্রণের সহিতে যে জলীয় বাষ্প প্রথম স্তম্ভ হইতে বাহির হইবার সময় মিশিয়া যায় তাহা গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা শোষিত হয় এবং গ্যাসমিশ্রণটি শুষ্ক হয়।

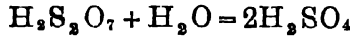
(গ) এইভাবে বিশুদ্ধ করা হইলে গ্যাসমিশ্রণটি স্বচ্ছ এবং কুয়াশামুক্ত হয়। গ্যাস মিশ্রণটির স্বচ্ছতা দেখিবার জন্য উভয় দিকে কাচযুক্ত একটি বাক্সের ভিতর প্রবেশ করাইয়া তীব্র আলোকরশ্মি ফেলিয়া ইহাকে পরীক্ষা করা হয়। এই বাক্সটিকে **টিনডেল** বাক্স (Tyndal box) বলে।

(3) **সংস্পর্শ চুল্লী (Contact Furance or Converter)** এইরূপে বিশুদ্ধীকৃত গ্যাসমিশ্রণকে সংস্পর্শ চুল্লীর তলদেশ দিয়া ভিতরে প্রবেশ করান হয়। এই সংস্পর্শ চুল্লীতে কয়েকটি লোহার দীর্ঘ নলে সচ্ছিদ্র তাকের উপর সূক্ষ্ম প্লাটিনাম যুক্ত অ্যাস্‌বেস্‌টস (Platinised asbestos) [ইহা অ্যাস্‌বেস্‌টস্‌কে প্লাটিনিক ক্লোরাইডের ($PtCl_4$) দ্রবণে ডুবাইয়া পরে উত্তাপ প্রয়োগে প্লাটিনিক ক্লোরাইডকে বিশ্লিষ্ট করিয়া সূক্ষ্ম কণাভাবে অ্যাস্‌বেস্‌টসের উপর প্লাটিনাম জমা করিয়া তৈয়ারা করা হয়] রাখা হয়। লোহের নলগুলি এমনভাবে বসান থাকে যে, শীতল গ্যাস মিশ্রণটি উক্ত নলগুলির বাহির দিয়া নলের চারি পার্শ্বে প্রবাহিত হয় এবং পরে উপরে উঠিয়া নলের ভিতর উপর দিয়া প্রবেশ করে এবং অনুঘটকের মধ্য দিয়া নীচে নামে। নলের নিম্নের মুখগুলি গ্যাসমিশ্রণের প্রবেশের পথ হইতে বিচ্ছিন্ন করা থাকে। এই নিম্নের মুখগুলি দিয়া উৎপন্ন সলফার ট্রাই অক্সাইড বাহির হইয়া আসে। প্রথমে বিক্রিয়া আরম্ভ করিবার জন্য চুল্লীর নিম্নে অবস্থিত আংটির আকারে স্থাপিত দীপগুলি জ্বালিয়া চুল্লীকে 400—450° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। পরে সলফার ডাই অক্সাইডের সলফার ট্রাই অক্সাইডে রূপান্তরিত হইবার সময় প্রভূত তাপ উদ্ভূত হয়। সেই কারণে চুল্লীর তাপমাত্রা ক্রমশ বৃদ্ধির দিকে যাইতে থাকে কিন্তু লৌহনলগুলির বাহিরে ঊর্ধ্বগামী শীতল গ্যাসমিশ্রণের সহিত নলের ভিতর উদ্ভূত সলফার ট্রাই অক্সাইডের তাপ বিনিময় হয়। ফলে নলের বাহিরের শীতল গ্যাসমিশ্রণ নলে ঢুকিবার পূর্বেই উষ্ণ হয় এবং ভিতরের গ্যাস একটু শীতল হয়। গ্যাসমিশ্রণের প্রবাহ এরূপভাবে নিয়ন্ত্রিত করা হয় যে, চুল্লীর উষ্ণতা 450 সেন্টি গ্রেডের উপরে না উঠে। এই অবস্থায় পৌঁছিলে বাহির হইতে তাপ দেওয়া আর প্রয়োজন হয় না এবং দীপগুলি নিবাইয়া দেওয়া হয়। কারণ বিক্রিয়াটি তখন সুষ্ঠুভাবে নিষ্পন্ন হইতে থাকে।

(4) **শোষকপাত্র (Absorber) :** উৎপন্ন সলফার ট্রাই-অক্সাইডকে ঠাণ্ডা করিয়া একটি লৌহপাত্রে অবস্থিত শতকরা 98 ভাগ সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া অতিক্রম করান হয়। ইহাতে ওলিয়ম উৎপন্ন হয়। লৌহ পাত্রে জল বা

পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড বাহির হইতে এরূপ পরিমাণে যোগ করা হয় যাহাতে সকল সময়েই সলফিউরিক অ্যাসিডের পরিমাণ শতকরা 98 ভাগে বর্তমান থাকে।

$$H_2SO_4 + SO_3 = H_2S_2O_7$$

ধূমায়মান (fuming) সলফিউরিক অ্যাসিড
বা নডহাউসেন সলফিউরিক অ্যাসিড

$$H_2S_2O_7 + H_2O = 2H_2SO_4$$

এই পদ্ধতিতে প্লাটিনামঘটিত অ্যাস্‌বেস্‌টস্ অনুঘটক ব্যবহার করিয়া জামসেদপুরে টাটা কোম্পানী তাহাদের নিজেদের ব্যবহারের জন্য ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন ভারতে প্রথম প্রবর্তন করেন। পরে ডিগবয়ে পেট্রোলিয়াম কোম্পানি তাহাদের নিজেদের ব্যবহারের জন্য এই উপায়ে সলফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজনমত তৈয়ারী করেন। অধুনা বেঙ্গল কেমিক্যাল এবং ফার্মাসিউটিক্যাল কোম্পানি তাঁহাদের পানিহাটির কারখানায় নিম্নলিখিত উপায়ে ভ্যানাডিয়াম পেণ্ট অক্সাইড অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার করিয়া এই পদ্ধতিতে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করিতেছেন। পদ্ধতিটি নিম্নলিখিতভাবে চালনা করা হয় —

একটি চৌবাচ্চায় সলফার রাখিয়া তাহাতে অগ্নিস যোগ করা হয়। সামান্য মাত্র সলফার পুড়িয়া যে উত্তাপ উদ্ভূত হয় তাহাতে বাকী সলফার গলিয়া যায়। এই তরল সলফারকে কেশ নলের (Capillary tubes) ভিতর দিয়া বার্ণারে লওয়া হয়। এইভাবে সলফারকে খড়কুটা এবং মাটি হইতে পৃথক করিয়া পোড়ানো হয়। বার্ণারে অতিরিক্ত বায়ুপ্রবেশের ব্যবস্থা থাকে। এই সলফার পোড়াইয়া যে গ্যাসের মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহা প্রায় বিশুদ্ধ সলফার ডাই অক্সাইড (7%) অক্সিজেন (10 4/) এবং নাইট্রোজেনের (82 6/) মিশ্রণ। এই গ্যাসমিশ্রণটিকে একটি প্রকোষ্ঠে সেলফের উপর প্লেটে করিয়া রাখা ভ্যানাডিয়াম পেণ্ট অক্সাইডের (সিলিকার দানার দ্বারা অ্যামোনিয়াম ভ্যানাডেটের দ্রবণ শোষণ করিয়া পরে উত্তাপপ্রয়োগে অ্যামোনিয়াম ভ্যানাডেটকে ভাঙ্গিয়া ভ্যানাডিয়াম পেণ্ট অক্সাইড অনুঘটক তৈয়ারী করা হয়) উপর দিয়া চালনা করা হয়। ভ্যানাডিয়াম পেণ্ট-অক্সাইডকে 500 সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। উৎপন্ন সলফার ট্রাই অক্সাইডকে আঁকাবাঁকা লেডনির্মিত নলের (Lead pipes) ভিতর দিয়া চালনা

করা হয় এবং নলগুলির বাহিরে শীতল জলের ধারা প্রবাহিত করিয়া ঠাণ্ডা করা হয়। পরে শীতল সলফার ট্রাই অক্সাইডকে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডে (98/) শোষণ করিয়া পরিমিত জল যোগ করিয়া 98/ সলফিউরিক উৎপন্ন করা হয়।

চেম্বার ও সংস্পর্শ পদ্ধতির তুলনা

চেম্বার পদ্ধতি	সংস্পর্শ পদ্ধতি
1 চেম্বার পদ্ধতিতে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই অ্যাসিডে শতকরা 65 হইতে 78 ভাগ প্রকৃত সলফিউরিক অ্যাসিড থাকে	1 সংস্পর্শ পদ্ধতিতে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই অ্যাসিডে শতকরা 98 ভাগ প্রকৃত সলফিউরিক অ্যাসিড থাকে। সময় সময় এই পদ্ধতিতে 100% বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিডও প্রস্তুত করা হয়।
2 এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যাসিডে নানাপ্রকার অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। অশুদ্ধিগুলির মধ্যে আর্সেনিক বিশেষ ভাবে উল্লেখযোগ্য।	2 এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যাসিড বিশুদ্ধ
3 এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যাসিড বিশুদ্ধ করিয়া ঘন করা ব্যয়সাধ্য।	3 বিশুদ্ধ করা বা ঘন করা প্রয়োজন হয় না।
4 সলফার ডাই অক্সাইড সম্পূর্ণ রূপে ব্যবহৃত হয় না।	4 সলফার ডাই অক্সাইড সম্পূর্ণ রূপে কাজে লাগে।
5 এই পদ্ধতিতে সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে প্রাথমিক ব্যয় অনেক কম।	5 এই পদ্ধতিতে সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে প্রাথমিক ব্যয় অনেক বেশী কারণ প্লাটিনামঘটিত অনুঘটকের দাম অনেক।

চেম্বার পদ্ধতিতে উৎপন্ন পাতলা অ্যাসিড "সুপার ফসফেট" নামক সার উৎপাদনে (পৃ ১৭ দেখ) অ্যামোনিয়াম সলফেট সল্ট কেক (Salt cake) ব' সোডিয়াম সলফেট এবং ফট্‌কিরি (alum) প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। স স্পর্শ পদ্ধতিতে উৎপন্ন বিশুদ্ধ অ্যাসিড পেট্রোলিয়াম শোধনের কাজে র ঔষধ এব বিস্ফোরক তৈয়ারী করার জন্য এব, কৃত্রিম খাদ্যদ্রব্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

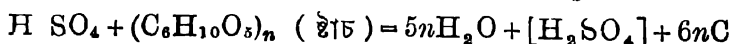
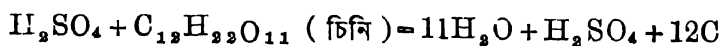
যদিও স স্পর্শ পদ্ধতিতে একেবারেই ঘ- এব বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় তাহা হইলেও চেম্বার পদ্ধতি সর্বদে' এখনও সমানভাবে প্রচলিত আছে। ইহার কাবণ সমগ্র পৃথিবীর বাজারের পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের চাহিদা ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডের চাহিদা অপেক্ষা অনেক বেশী। আব চেম্বার পদ্ধতিতে অনেক কম খরচে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। স স্পর্শ পদ্ধতিতে ঘন সলফিউবিক অ্যাসিড উৎপাদন কবিয়া তাহাতে প্রয়োজনমত জল মিশাইয়া পাতলা কবিতে চেম্বাব পদ্ধতিতে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন অপেক্ষা অনেক বেশী খরচ হয়। তাই চেম্বাব পদ্ধতি আজও ঠিক মত চলিতেছে। বেঙ্গল কেমিক্যালে তাই আজও চেম্বাব পদ্ধতি ও স স্পর্শ পদ্ধতি এই দুই পদ্ধতিতেই সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদিত হইতেছে।

সলফিউবিক অ্যাসিডের ধর্ম বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড একটি বর্ণহীন গন্ধহীন জল অপেক্ষা ভারী তৈলাক্ত তবল পদার্থ। ইহাব আপেক্ষিক গুরুত্ব 1 8। 10 4 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড সাদা স্ফটিকে পরিণত হয় এব স্ফটিকগুলি 10 4 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় গলে। তাই সলফিউবিক অ্যাসিডের হিমাঙ্ক 10 4 সেন্টিগ্রেড। শতকবা 98 33 ভাগ সলফিউবিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক 338 সেন্টিগ্রেড বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড (100/) উত্তপ্ত কবিলে প্রথমে সলফার ট্রাই অক্সাইড উড়িয়া গিয়া 338 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় 98 33/ সলফিউরিক অ্যাসিড বাষ্পাকারে বাহির হইযা আসে এব উক্ত বাষ্পকে শীতল করিলে 98 33% সলফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই 98 33/ সলফিউরিক অ্যাসিড একটি নিত্য স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণ (Constant boiling mixture)।

সলফিউরিক অ্যাসিড জলের সহিত যে কোন অনুপাতে মিশিয়া থাকে, জলের সহিত মিশিবার সময় প্রভূত তাপ উদ্ভূত হয় এব মিশ্রণের আয়তন কমিয়া যায়। গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডে সামান্য একটু জল দিলে উদ্ভূত তাপে জল ষ্টীমে পরিণত হয় এব, আকস্মিক প্রসারণের ফলে প্রবলবেগে অ্যাসিড চারিদিকে ছিটকাইয়া

পড়ে। তাই সলফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে জল ঢালিতে নাই। গাঢ় অ্যাসিডকে পাতলা করিতে হইলে জলের মধ্যে অল্প অল্প করিয়া অ্যাসিড যোগ করিয়া নাড়িতে হয়। জলের মধ্যে সলফিউরিক অ্যাসিড ঢালিলেও তাপ উদ্ভূত হয়, কিন্তু এই তাপমাত্রা অপেক্ষাকৃত কম। এই তাপ উদ্ভূত হইবার কারণ সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত জলের যৌগ উৎপন্ন হয় যথা H_2SO_4, H_2O H_2SO_4 $2H_2O$ $H_2SO_4, 4H_2O$ এই হাইড্রেটগুলি গঠিত হয়।

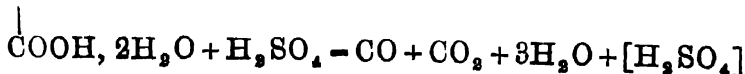
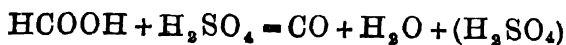
জলের প্রতি সলফিউরিক অ্যাসিডের গভীর আসক্তি দেখিতে পাওয়া যায়। গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড সর্বদাই জলীয় বাষ্প শোষণ করে। একটি বাকারে কিছুটা গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড লইয়া বাতাসে রাখিয়া দিলে বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া ক্রমশ অ্যাসিডটি পাতলা অবস্থায় আসে এব উহার ওজন বৃদ্ধি পায়। ইহার এই জলীয় বাষ্প শোষণ করার ক্ষমতার উপরই শোষকাধারে ইহার ব্যবহার। এইজন্যই গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া অনেক গ্যাসই শুষ্ক করা হয় (যথা—O_2, N_2 H_2, Cl_2, SO_2 প্রভৃতি, কিন্তু NH_3 নহে)। গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের জলাকর্ষী গুণ যে এইভাবে গ্যাসের শুষ্কতা সম্পাদন করে তাহা নহে। অনেক সময় ইহা জৈব পদার্থের অণু হইতে জলোৎপাদক মৌলগুলি (যথা—দুই অণু হাইড্রোজেনের সহিত এক অণু অক্সিজেন এই অনুপাতে) আকর্ষণ করিয়া লইয়া উহাদিগকে বিয়োজিত করে। চিনিতে ষ্টার্চে (শ্বেতসার) কাগজে বা কাঠে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে উহারা কার্বনে পরিণত হইয়া কালো হইয়া যায়।

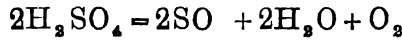
$$H_2SO_4 + C_{12}H_{22}O_{11} \text{ (চিনি)} = 11H_2O + H_2SO_4 + 12C$$
$$H\ SO_4 + (C_6H_{10}O_5)_n \text{ (ষ্টার্চ)} = 5nH_2O + [H_2SO_4] + 6nC$$

ফর্মিক অ্যাসিড ও অক্সালিক অ্যাসিড হইতেও এইভাবে জলের উপাদান উত্তপ্ত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শোষিত হয় এব যথাক্রমে কার্বন মনোক্সাইড এবং কার্বন ডাই অক্সাইডের সহিত কার্বন মনোক্সাইডের মিশ্রণ পাওয়া যায়।

$$HCOOH + H_2SO_4 = CO + H_2O + (H_2SO_4)$$

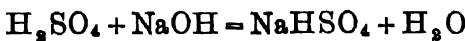
$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH, 2H_2O + H_2SO_4 = CO + CO_2 + 3H_2O + [H_2SO_4] \end{array}$$

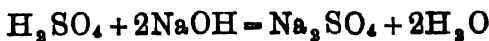
অ্যালকোহল হইতে অনুরূপভাবে ইথিলিন উৎপন্ন হয়।

$$C_2H_5OH + H_2SO_4 = C_2H_4 + H_2O + [H_2SO_4]$$

গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের এই ধর্ম পরীক্ষামূলকভাবে নিম্নলিখিত উপায়ে দেখানো যায়। একটি বীকারে চিনির ঘন দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া উহাকে সামান্য উত্তপ্ত করা হয়। তাহার পর উহাতে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে সমস্ত দ্রব কালো হইয়া উথলিয়া উঠে। চিনি হইতে বিশুদ্ধ কার্বন তৈয়ারীর প্রণালীর ভিতর ইহা বর্ণিত হইয়াছে (পৃ ১২ দেখ)। তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড বিয়োজিত হইয়া সলফার ডাই অক্সাইড জলীয় বাষ্প এবং অক্সিজেন দেয়।

$$2H_2SO_4 = 2SO_2 + 2H_2O + O_2$$

লোহিত তপ্ত সিলিকানলের ভিতর দিয়া সলফিউরিক অ্যাসিডের বাষ্প পরিচালনা করিলে অথবা সিলিকানির্মিত ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগাইয়া কর্কের ভিতর দিয়া বিন্দুপাতন ফানেল সংযুক্ত করিয়া ফ্লাস্কের ভিতর ঝামা পাথরের (Pumice stone) টুকরা রাখিয়া উহাকে লোহিত তপ্ত করিয়া বিন্দুপাতন ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড ফেলিলে উপরে লিখিত সমীকরণ অনুসারে সলফিউরিক অ্যাসিডের বিয়োজন ঘটিয়া থাকে। উদ্ভূত গ্যাসকে জলের উপর গ্যাসজারে সংগ্রহ করিলে সলফার ডাই অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং একমাত্র অক্সিজেন গ্যাসজারে সঞ্চিত হয়। গ্যাসটি যে অক্সিজেন তাহা অর্ধ জলন্ত পাকাটি নামাইয়া দিয়া তাহার সমধিক উজ্জ্বলন এবং ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্বারা ইহার শোষণ হইতে বুঝা যায়। এই পরীক্ষাদ্বারা সলফিউরিক অ্যাসিডে যে অক্সিজেন আছে তাহা প্রমাণ করা যায়।

সলফিউরিক অ্যাসিড একটি তীব্র দ্বি ক্ষারিক (dibasic) অ্যাসিড। ইহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে। ইহা ক্ষারপদার্থের সহিত বিক্রিয়াদ্বারা দুই প্রকার লবণ গঠন করে এবং জল উৎপাদন করে। একটি হইল শমিত লবণ (neutral বা normal salt) এবং অন্যটি অ্যাসিড লবণ (acid salt)।

$$H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O$$

অ্যাসিড সোডিয়াম সলফেট বা সোডিয়াম বাই সলফেট

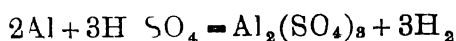
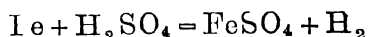
$$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

সোডিয়াম সলফেট

ধাতুর দ্বারাও সলফিউরিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করা যায়। পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড সোডিয়াম পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনিয়াম ম্যাঙ্গানিজ লেড আয়রণ জিঙ্ক ম্যাগনেসিয়াম এই সমস্ত ধাতুর সহিত ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে এবং সেই সঙ্গে ধাতব লবণ গঠন করে।

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

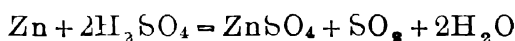
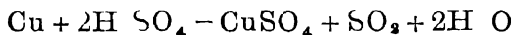
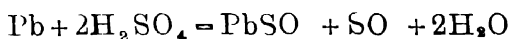
$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

$$2Al + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2$$

গাঢ় ঠাণ্ডা সলফিউরিক অ্যাসিডের লেড টিন জিঙ্ক মার্কারি বা আয়রনের উপর কোন ক্রিয়া নাই কিন্তু উত্তাপ প্রয়োগ করিলে প্রায় সকল ধাতুর সহিতই গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড ক্রিয়া করিয়া সলফার ডাই অক্সাইড জল এবং ধাতব লবণ দিয়া থাকে।

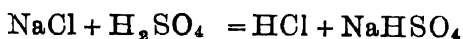
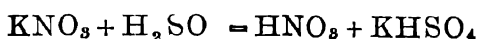
$$Pb + 2H_2SO_4 = PbSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

$$Zn + 2H_2SO_4 = ZnSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

গোল্ড, প্লাটিনাম এবং রোডিয়াম (Rhodium) ধাতুর উপর কোন অবস্থাতেই সলফিউরিক অ্যাসিডের কোন ক্রিয়া হয় না।

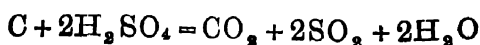
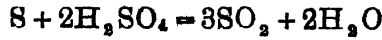
সলফিউরিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক অনেক উচ্চে এবং সেই কারণে ইহা অতি কম উদ্বায়ী। সেই কারণে সহজে উদ্বায়ী অ্যাসিডের লবণ গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে উদ্বায়ী অ্যাসিড মুক্ত হয় যথা—নাইট্রেট হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড ক্লোরাইড হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।

$$KNO_3 + H_2SO_4 = HNO_3 + KHSO_4$$

$$NaCl + H_2SO_4 = HCl + NaHSO_4$$

গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড একটি জারক। কার্বন, সলফার প্রভৃতি অধাতব মৌল এবং কপার সিলভার জিঙ্ক প্রভৃতি ধাতব মৌল গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে উহারা জারিত হয় এবং সলফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া সলফার ডাই অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$

$$S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$$

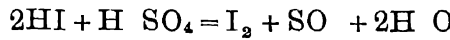
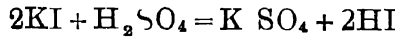
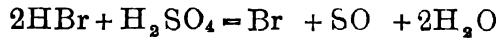
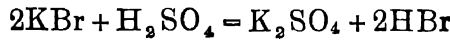
$$2Ag + 2H_2SO_4 = Ag_2SO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

সিলভারের জারণ হইতে
উৎপন্ন সিলভার সলফেট

পটাসিয়াম ব্রোমাইড এব পটাসিযাম আযোডাইডে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ কবিলে ব্রোমাইড ও আয়োডাইড জারিত হইযা ব্রোমিন এব আয়োডিন উৎপন্ন হয়।

$$2KBr + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HBr$$

$$2HBr + H_2SO_4 = Br \ + SO \ + 2H_2O$$

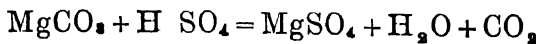
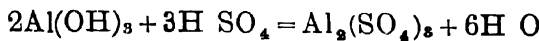
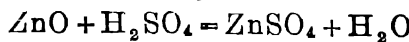
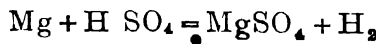
$$2KI + H_2SO_4 = K \ SO_4 + 2HI$$

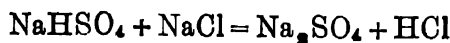
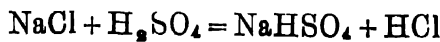
$$2HI + H \ SO_4 = I_2 + SO \ + 2H \ O$$

সলফিউবিক অ্যাসিডের ব্যবহার সলফিউবিক অ্যাসিড অস খ্য রসায়ন শিল্পে ব্যবহৃত হয়। বলা যাইতে পাবে যে এমন কোন বসায়নশিল্প নাই যাহাতে প্রত্যক্ষভাবে অথবা পবোক্ষভাবে সলফিউবিক অ্যাসিড ব্যবহৃত না হয়। হাইড্রোক্লোবিক অ্যাসিড নাইট্রিক অ্যাসিড এব অন্যান্য অ্যাসিড উৎপাদনে (যথা—অস্থিভস্ম হইতে ফসফোরিক অ্যাসিড) ইহাব ব্যবহার হইয়া থাকে। ফসফোরাস এব সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদনে পরোক্ষভাবে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে। কৃত্রিমসার, যথা—সুপারফসফেট অ্যামোনিয়াম সলফেট প্রভৃতির পণ্য উৎপাদনে সলফিউরিক অ্যাসিড প্রযোজন হয়। অ্যালম (ফটকিরি) অন্যান্য ধাতব সলফেট ষ্টার্চ, গ্লুকোজ (Glucose, $C_6H_{12}O_6$), ঈথার, ব, [যথা—নীল (indigo)] বিস্ফোরক (যথা—নাইট্রোগ্লিসারিন গান কটন ট্রাই নাইট্রোটোলুইন ইত্যাদি), রঞ্জক (pigment) প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে সলফিউবিক অ্যাসিড প্রয়োজন হয়। পেট্রোলিয়াম শোধনে বিরঞ্জন প্রক্রিয়ায সঞ্চয়ন কোষ (Lead accumulator) নির্মাণে লৌহের উপর দস্তালেপন প্রক্রিযায় লৌহের মরিচা অপসারণ কবিতে সলফিউরিক অ্যাসিড (ঘন এব পাতলা উভয় প্রকার অ্যাসিডই) প্রয়োজনানুসারে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। পরীক্ষাগারে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড গ্যাস শুষ্ক করিতে, কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুত কবিতে এব বিকারক (reagent) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড বিকারকরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

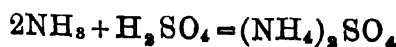
বাজারে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড পাথরের বোতলে করিয়া রাখিয়া বিক্রয় কবা হয়। এই বোতলের মুখে পাথরের ছিপি লাগানো থাকে।

সলফেট লবণ সলফিউরিক অ্যাসিডেব লবণকে সলফেট বলে। সলফিউবিক অ্যাসিডে দুইটি প্রতিস্থাপনীয় (replaceable) হাইড্রোজেন পবমাণু বর্তমান। তাই সলফিউরিক অ্যাসিডে প্রথমত একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপন কি য়া অ্যাসিড বা বাই লবণ পাওয়া যায়, যথা—$NaHSO_4$ ইহাকে অ্যাসিড সোডিয়াম সলফেট অথবা সোডিয়াম বাই সলফেট অথবা সোডিয়াম হাইড্রোজেন সলফেট এই তিন নামে অভিহিত করা হয়। সলফিউবিক অ্যাসিডেব দুইটি হাইড্রোজেন পবমাণুকেই ধাতুদ্বাবা প্রতিস্থাপন কবিয়া যে লবণ পাওয়া যায় তাহাকে শমিত সলফেট (neutral বা normal sulphate) বলে যথা—K_2SO_4 ইহাকে পটাসিয়াম সলফেট নামে অভিহিত কবা হয়।

সলফেট লবণ প্রস্তুত কবিতে হইলে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডে ধাতু, ধাতব অক্সাইড ধাতব হাইড্রক্সাইড অথবা ধাতব কার্বনেট যোগ কবিতে হয়। তাহাতে বাসাযনিক বিক্রিয়া ঘটিয়া সলফেটেব দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণকে প্রথমে পরিস্রাবণ করিয়া পবিস্রুৎকে উত্তাপদ্বারা ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে সলফেটের কেলাস পাওয়া যায়।

$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$
$$ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$$
$$2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O$$
$$MgCO_3 + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O + CO_2$$

ক্লোরাইড লবণকে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডেব সহিত উত্তপ্ত করিয়াও সময় সময় সলফেট প্রস্তুত করা হয। যেমন সল্ট কেক বা সোডিয়াম সলফেটের উৎপাদন।

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$
$$NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$$

পণ্য উৎপাদনে প্রাপ্ত অ্যামোনিয়াকে সলফিউবিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া অ্যামোনিয়াম সলফেট উৎপন্ন করা হয়।

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$

অধিকাংশ সলফেট লবণ জলে দ্রবণীয়। কেবল ক্যালসিয়াম সলফেট ($CaSO_4$) অতি সামান্যই জলে দ্রাব্য এবং স্ট্রোনসিয়াম সলফেট ($SrSO_4$) এবং বেরিয়াম সলফেট ($BaSO_4$) জলে একেবারেই অদ্রাব্য। অনেক সলফেট স্ফটিকাকার প্রাপ্ত হইবার সময় জলের সহিত যুক্ত হইয়া নানাপ্রকার স্ফটিক গঠন করে। ইহাদের মধ্যে কোন কোন ধাতব স্ফটিকাকার সলফেট লবণের বিশেষ নাম আছে। যথা—

Na_2SO_4 $10H_2O$ গ্লবার লবণ (সোডিয়াম সলফেট)

$MgSO_4$, $7H_2O$, ইপসম লবণ (ম্যাগনেসিয়াম সলফেট)

$CaSO_4$ $2H_2O$ জিপসম (ক্যালসিয়াম সলফেট)

$FeSO_4$ $7H_2O$ সবুজ ভিট্রিয়ল বা হীরাকষ (ফেরাস সলফেট)

$ZnSO_4$, $7H_2O$ সাদা ভিট্রিয়ল (জিঙ্ক সলফেট)

$CuSO_4$ $5H_2O$ নীল ভিট্রিয়ল বা তুঁতে (কপার সলফেট)

অনেক সলফেট লবণ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। তাহা সলফারের অবস্থানের ভিতর উল্লেখ করা হইয়াছে (পৃ ২৯৯ দেখ)।

অ্যালম (Alum) বা ফটকিরি পটাসিয়াম এবং অ্যালুমিনিয়াম সলফেট যুক্ত হইয়া যে দ্বি ধাতব লবণ (double salt) উৎপন্ন করে তাহাকে সাধারণ অ্যালম বা ফটকিরি বলে। ইহার সংকেত হইল K_2SO_4 $Al_2(SO_4)_3$ $24H_2O$। কিন্তু ক্রোমিয়াম ম্যাঙ্গানিজ আয়রন (ফেরিক) প্রভৃতি ধাতুর সলফেটও পটাসিয়াম সলফেটের সহিত যুক্ত হইয়া উক্ত প্রকার দ্বি ধাতব লবণ গঠন করে এবং তাহাদের সংকেতও সাধারণ অ্যালমের অনুরূপ। তাহারা সকলেই সমাকৃতি। এই দ্বি ধাতব লবণগুলিকে অ্যালম বলে। পটাসিয়াম সলফেট ছাড়াও অন্যান্য ক্ষারধাতুর সলফেট এবং অ্যামোনিয়াম সলফেটও উক্তপ্রকার অ্যালম গঠন করিয়া থাকে। যথা—

আয়রন অ্যামোনিয়াম অ্যালম (NH_4) SO_4 $Fe_2(SO_4)_3$ $24H_2O$

ক্রোমিয়াম অ্যালম K_2SO_4, $Cr_2(SO_4)_3$, $24H_2O$

অ্যামোনিয়াম অ্যালম, $(NH_4)_2SO_4$ $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$

সিজিয়াম ম্যাঙ্গানিক অ্যালম, Cs_2SO_4 $Mn_2(SO_4)_3$ $24H_2O$

এখানে কেবল সাধারণ অ্যালম সম্বন্ধেই আলোচনা করা হইবে। পরীক্ষাগারে

সাধারণ অ্যালম প্রস্তুত করিতে হইলে পটাসিয়াম সলফেট এব অ্যালুমিনিয়াম সলফেটেব জলীয় দ্রবণ একত্র মিশ্রিত করিয়া উত্তাপপ্রয়োগে ঘনীভূত করা হয়। পরে মিশ্রিত দ্রবণটিকে ঠাণ্ডা করিলেই অ্যালমের স্ফটিক পাওয়া যায়।

অ্যালমেব পণ্য উৎপাদন তিনটি বিভিন্ন খনিজ হইতে তিনটি বিভিন্ন উপায়ে নিষ্পন্ন কবা হয় —

(1) **অ্যালম প্রস্তব হইত** (from Alum Shale) —অ্যালম প্রস্তবে অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট ও আয়রন পাইরাইটিস মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। এই প্রস্তবকে একস্থানে একত্রিত কবিযা ভর্জিত করিলে আয়রন পাইবাইটিস জাবিত হইয়া ফেবাস সলফেট এব সলফিউবিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয। এই সলফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তরেব অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেটকে অ্যালুমিনিযাম সলফেটে পরিবর্তিত কবে। এই অবস্থায় পৌছিলে ভর্জিত প্রস্তবকে জলদ্বাবা দ্রাবিত (lixiviated with water) করিলে অ্যালুমিনিয়াম সলফেটেব দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণকে পরিস্রাবণ কবিয়া পবিস্রুৎকে উত্তাপপ্রয়োগে ঘনীভূত কবা হয়। পরে এই দ্রবণে উপযুক্ত পবিমাণ পটাসিযাম ক্লোবাইড যোগ করিযা অনবরত আলোডিত করা হয। এই আলোড়নেব সময দ্রবণকে শীতল করিলে অ্যালমেব ছোট ছোট স্ফটিক কেলাসিত হয়। ইহাকে অ্যালম মিল (alum meal) বলে।

(2) **অ্যালুনাইট হইতে** (from Alunite) —খনিজ অ্যালুনাইটেব সংকেত হইল $K_2SO_4 \quad Al_2(SO_4)_3 \quad 4Al(OH)_3$। ইহা হইতে দুই উপাযে অ্যালম প্রস্তুত কবা যায় (i) অ্যালুনাইটকে বাযুতে ভস্মীভূত (calcined in air) কবিলে উহাব $Al(OH)_3$ ভর্জিত অ্যালুমিনায (ignited Al_2O_3) পরিবর্তিত হয তখন উক্ত Al_2O_3 জলে অদ্রাব্য অবস্থায আসে। পবে জলদ্বাবা আলোডিত করিলে পটাসিয়াম সলফেট এব অ্যালুমিনিযাম সলফেট দ্রবীভূত হয় কিন্তু Al_2O_3 অদ্রাব্য থাকিয়া যায়। এই অবস্থায় পবিস্রাবণ দ্বাবা Al_2O_3 অপসারিত করিযা পবিস্রুতকে বাষ্পীভূত করিয়া ঘন করিলে ঠাণ্ডা অবস্থায় অ্যালমের স্ফটিক উৎপন্ন হয। (ii) অ্যালুনাইটকে চূর্ণ করিয়া তাহার সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া 500 – 600 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় মিশ্রণটিকে সিদ্ধ (digested) করিলে Al_2O_3 সলফিউবিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া অ্যালুমিনিয়াম সলফেটে পরিণত হয়। এখন এই দ্রবণকে পরিস্রাবিত করিয়া পবিস্রুতের

সহিত উপযুক্ত পরিমাণ পটাসিয়াম সলফেট মিশাইয়া দ্রবণকে শীতল করিলে অ্যালম কেলাসিত হয়।

(3) **বক্সাইট হইতে** (from Bauxite) —বক্সাইট খনিজের সংকেত হল Al_2O_3 $2H_2O$। বক্সাইটের সহিত পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া মিশ্রণকে কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করিলে অ্যালুমিনিয়াম সলফেটের দ্রবণ উৎপন্ন হয়। সিলিকা হইতে পরিস্রাবণ দ্বারা এই অ্যালুমিনিয়াম সলফেটের দ্রবণকে পৃথক করিয়া তাহার সহিত পটাসিয়াম সলফেট মিশ্রিত করা হয় এবং মিশ্রণটিকে উত্তাপদ্বারা ঘনীভূত করিয়া শীতল করা হয়। অ্যালমের স্ফটিক কেলাসিত হয়। এই অ্যালমের কেলাসকে পুনরায় জলে দ্রবীভূত করিয়া আলোড়িত করা হয়। এবং এই অবস্থায় উত্তাপপ্রয়োগে দ্রবণটিকে ঘনীভূত করা হয়। আলোড়ন বন্ধ না করিয়া ঠাণ্ডা করিলে অ্যালমের ছোট ছোট দানা পাওয়া যায়। এইভাবে অ্যালমকে আয়রণ সলফেট হইতে মুক্ত করা হয়।

সাধারণ অ্যালমের ধর্ম অ্যালম একটি বর্ণহীন কেলাসিত কঠিন পদার্থ। ইহা জলে দ্রাব্য। জলের দ্রবণের অ্যাসিডের মত ব্যবহার দেখা যায় এবং এই দ্রবণ কষায় স্বাদযুক্ত। ইহা 92 সেন্টিগ্রেডে কেলাস জলে গলিয়া যায় এবং 200 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহার সমস্ত কেলাস জল উপিয়া যায় ও তখন সাদা নিরুদক ফোঁপরা সলফেটের মিশ্রণ পড়িয়া থাকে। ইহাকে পোড়া অ্যালম (burnt alum) বলে।

অ্যালমের ব্যবহার জল পরিষ্কার করার কাজে এবং রঞ্জনশিল্পে রং কাপড়ে ভালভাবে ধরাইবার জন্য (as a mordant) ও ছিটের কাপড় রঞ্জনে (Calico printing) অ্যালম ব্যবহৃত হয়। কাগজ এবং চর্মশিল্পে এবং ওয়াটার প্রুফ শিল্পে কিছুটা অ্যালমের ব্যবহার হইয়া থাকে। অ্যালমের জলের সহিত বিক্রিয়ার ফলে সামান্য সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় বলিয়া এবং সলফিউরিক অ্যাসিডের কিছুটা বীজঘ্নগুণ থাকার জন্য ও অ্যালমের তরল রক্ত জমাইয়া ফেলিবার ক্ষমতা থাকায় দাড়ি কামাইবার সময় ইহার ব্যবহার দেখা যায়। কোন কোন ঔষধেও অ্যালম ব্যবহৃত হইয়া থাকে। অ্যালমের দ্রবণ দাঁতের ব্যথায় কুলকুচা করিবার জন্য ব্যবহৃত হয়।

সলফিউরিক অ্যাসিড ও সলফেটের অভীক্ষণ. সলফিউরিক অ্যাসিড

বা সলফেটের দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ যোগ করিলে বেরিয়াম সলফেটের সাদা ভারী অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। এই অধঃক্ষেপ গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য। লেড নাইট্রেটের দ্রবণ যোগ করিলেও অনুরূপ অ্যাসিডে অদ্রাব্য লেড সলফেটের সাদা ভারী অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। এই অধঃক্ষেপ উত্তপ্ত অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটের দ্রবণে দ্রুত দ্রাব্য।

Questions

1 Discuss the chemical background of the manufacture of sulphuric acid by chamber process Explain with equations the conversion of sulphur dioxide into sulphuric acid Explain how the catalyst reacts in the operation

১। চেম্বার পদ্ধতি দ্বারা সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনের রাসায়নিক ভিত্তি বর্ণনা কর। সমীকরণ দ্বারা সলফার ডাই অক্সাইড হইতে কিভাবে সলফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় তাহা বুঝাইয়া দাও। এখানে অনুঘটক কিভাবে ক্রিয়া করে তাহা বিশদভাবে ব্যাখ্যা কর।

2 Describe the method of preparation of sulphuric acid in the laboratory by the application of the principle of chamber process How would you prove that the liquid formed is sulphuric acid ?

২। পরীক্ষাগারে চেম্বার পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। উৎপন্ন তরল যে সলফিউরিক অ্যাসিড তাহা কিভাবে প্রমাণ করা হয় ?

3 Describe the contact process for the manufacture of sulphuric acid Name at least three catalysts used in the process Which of these catalysts is most effective in the process ?

৩। সংস্পর্শ পদ্ধতি দ্বারা সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন পদ্ধতি বর্ণনা কর। এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত অন্তত তিনটি অনুঘটকের নাম কর। এই অনুঘটকগুলির মধ্যে কোনটি সর্বাপেক্ষা কার্যকরী ?

4 Compare the chamber process with the contact process for the manufacture of sulphuric acid Describe in the form of experiments the dehydrating and the acid property of sulphuric acid

৪। সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনের চেম্বার পদ্ধতি ও সংস্পর্শ পদ্ধতির তুলনমূলক আলোচনা কর। সলফিউরিক অ্যাসিডের জলাকর্ষী গুণ ও অ্যাসিড ধর্ম পরীক্ষামূলকভাবে বর্ণনা কর।

5 How can you show that sulphuric acid contains oxygen? What are the products obtained by the action of hot and concentrated sulphuric acid on the following —

(*a*) Carbon (*b*) sulphur (*c*) potassium bromide (*d*) sodium chloride and (*e*) oxalic acid? Give equation in each case

৫। সলফিউরিক অ্যাসিডে যে অক্সিজেন আছে তাহা কিভাবে দেখানো যায়? নিম্ন লিখিত দ্রব্যগুলির সহিত উষ্ণ ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করিয়া কোন্ কোন্ দ্রব্য উৎপাদন করে —

(ক) কার্বন (খ) সলফার (গ) পটাসিয়াম ব্রোমাইড (ঘ) সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং (ঙ) অক্স্যালিক অ্যাসিড? প্রত্যেক ক্ষেত্রে সমীকরণ লিখিয়া দাও।

6 Write what you know about the uses of sulphuric acid How can you prove that sulphuric acid contains sulphur and oxygen?

৬। সলফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। সলফিউরিক অ্যাসিডে সলফার এবং অক্সিজেন আছে তাহা কিভাবে প্রমাণ করা যায়?

7 How can sulphuric acid produced in the operation of chamber process be concentrated? What are the impurities present in the chamber acid and wherefrom do they come into the acid? What procedure is followed for purifying the chamber acid?

৭। কিভাবে চেম্বার পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যাসিডকে ঘন করা হয়? চেম্বার অ্যাসিডে কি কি অশুদ্ধি থাকে এবং সে সকল কোথা হইতে আসে? উক্ত অ্যাসিডকে বিশুদ্ধ করিতে হইলে কি কি প্রক্রিয়া অনুসরণ করা হয়?

8 Write what you know about sulphates How can you prove the presence of a sulphate in a solution? What is an alum? What minerals are used for the manufacture of common alum? Describe the manufacture of alum from any one of them State what you know about the uses of alum

৮। সলফেট সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। কোনও দ্রবণে সলফেটের উপস্থিতি কিভাবে প্রমাণ করা যায়? অ্যালম কাহাকে বলে? সাধারণ অ্যালমের পণ্য উৎপাদন কোন্ কোন্ খনিজ হইতে হইয়া থাকে? একটি খনিজ হইতে সাধারণ অ্যালমের পণ্য উৎপাদন বর্ণনা কর। অ্যালমের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

ত্রিংশ অধ্যায়

হাইড্রোজেন সলফাইড, সলফিউরেটেড হাইড্রোজেন অথবা হাইড্রোসলফিউরিক অ্যাসিড

(Hydrogen Sulphide, Sulphuretted Hydrogen or Hydrosulphuric Acid)

সংকেত H_2S আণবিক ওজন 34 গলনাঙ্ক —85 6 সেন্টিগ্রেড, স্ফুটনাঙ্ক —80 7 সেন্টিগ্রেড বাষ্পীয় ঘনত্ব 17।

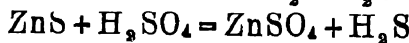
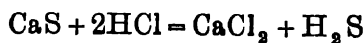
অবস্থান —এই গ্যাসটি আগ্নেয়গিরির গহ্বর হইতে বহির্গত ধোয়ায় এবং অনেক প্রস্রবণের জলে দেখিতে পাওয়া যায়। গন্ধকঘটিত উদ্ভিজ্জ এবং প্রাণীজ অনেক দ্রব্য পচিলে এই গ্যাসটি উৎপন্ন হইতে দেখা যায়। পচা ডিম ও পচা পশুর চামড়ার যে দুর্গন্ধ প্রধানত তাহা এই গ্যাসটির জন্য।

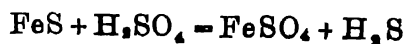
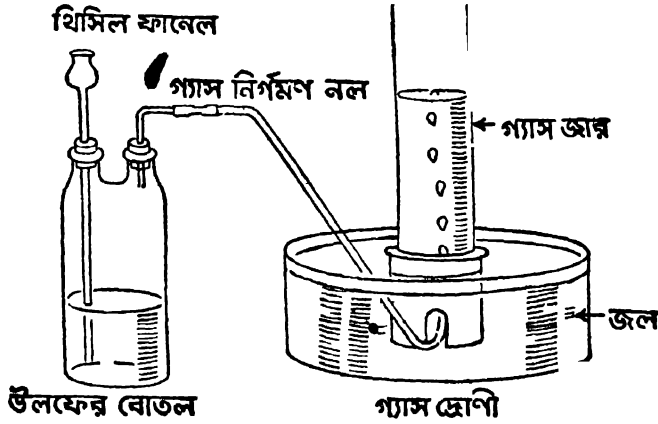
প্রস্তুতি —(1) **সংশ্লেষণী পদ্ধতি** —উত্তাপপ্রয়োগে হাইড্রোজেন এবং সলফারকে প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত করিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড উৎপাদন করা যায়। ফুটন্ত গন্ধকের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস অতিক্রম করাইলে সামান্য হাইড্রোজেন সলফাইড উৎপন্ন হয়।

$$H_2 + S \rightleftharpoons H_2S$$

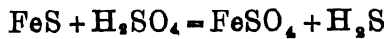
আবার হাইড্রোজেন এবং সলফারের বাষ্প ঝামা পাথর (pumice stone) ভর্তি লোহিত তপ্ত নলের ভিতর দিয়া চালনা করিলে হাইড্রোজেন সলফাইড সামান্য পরিমাণে গঠিত হয়।

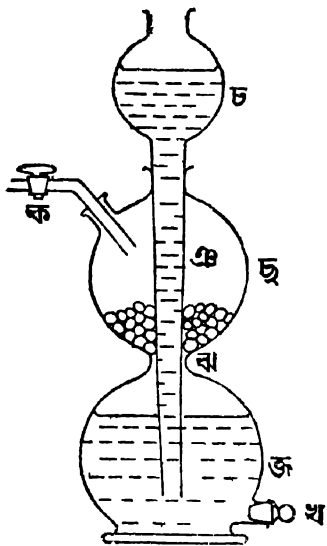
(২) **পরীক্ষাগার প্রণালী** —সাধারণত কোন কোন ধাতুর সলফাইডের উপর পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড উৎপাদন করা হয়।

$$CaS + 2HCl = CaCl_2 + H_2S$$
$$ZnS + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2S$$

কিন্তু পরীক্ষাগারে সর্বদাই ফেরাস সলফাইডের উপর পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া সাধারণ উত্তাপে হাইড্রোজেন সলফাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

একটি উল্‌ফ বোতলে ফেরাস সলফাইডের টুকরা কিছুটা লওয়া হয়। উহার একটি মুখে ককের ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘনল ফানেল এবং অপর মুখে অন্য একটি কর্কের ভিতর দিয়া একটি সমকোণে বাঁকানো নির্গম নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। প্রথমে দীর্ঘনল ফানেল দিয়া কিছুটা জল বোতলের ভিতর ঢালিয়া দেওয়া হয় যাহাতে দীর্ঘনল ফানেলের শেষ প্রান্তটি জলে ডুবিয়া থাকে। তাঁহার পর দেখিয়া লওয়া হয় যে সমস্ত জোড়াগুলি বায়ু নিরোধক (air tight) হইয়াছে কি না। যখন যন্ত্রটি ঠিকমত সাজানো হয় তখন দীর্ঘনল ফানেলের ভিতর দিয়া পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। ফেরাস সলফাইড অ্যাসিডের সংস্পর্শে

চিত্র নং 61

আসামাত্র হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। গ্যাসটি বায়ু অপেক্ষা ভারী, তাই গ্যাসজারে বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশ দ্বারা গ্যাসটিকে সংগ্রহ করা হয়। গ্যাসটি ঠাণ্ডা জলে দ্রাব্য সেই কারণে গরম জলের উপর গ্যাসজারে গরম জল ভর্তি করিয়া মধুকোষ পীঠের (Beehive-self) উপর উল্টাইয়া রাখিয়া গরমজলের অপভ্রংশ দ্বারাও গ্যাসটি সংগ্রহ করা যায়।

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

পরীক্ষাগারে বিশ্লেষণী পরীক্ষার (Analysis) জন্য অনেক পরিমাণ হাইড্রোজেন সলফাইডের দ্রুত উৎপাদন প্রয়োজন হয়। সেই প্রয়োজনে কিপের যন্ত্রে (Kipp's Apparatus) এই গ্যাসের উৎপাদনের ব্যবস্থা করা হয়। এই যন্ত্রে

ছ চিহ্নিত মধ্যের বাল্বে ফেরাস সলফাইডের টুকরা রাখা হয়। চ চিহ্নিত বাল্বের ভিতর পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড এতটা পরিমাণ ঢালা হয় যাহাতে নীচের জ চিহ্নিত বাল্বটি অ্যাসিডে ভর্তি হইয়া অ্যাসিড ফেরাস সলফাইডের টুকরার সংস্পর্শে আসে। এই সময় ক স্টপ কক (Stop-cock) খুলিয়া রাখা হয়। অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসামাত্র ফেরাস সলফাইড হইতে হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস উদ্ভূত হইয়া স্টপ কক যুক্ত নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। যখন গ্যাসের প্রয়োজন না হয় তখন স্টপ কক বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। তাহাতে পূর্বে

চিত্র নং 62

উদ্ভূত হাইড্রোজেন সলফাইডের চাপে অ্যাসিড গ বাল্বে নামিয়া আসে এবং ঞ নল বাহিয়া উপরের চ বাল্বে যাইয়া জমা হয়। গ্যাসের প্রয়োজন হইলেই স্টপ কক খুলিয়া দিয়া গ্যাস লওয়া হয় এবং তখন গ্যাসের চাপ কমিয়া যাওয়ায় অ্যাসিড চ বাল্ব হইতে নামিয়া আসে এবং ক্রমে জ বাল্ব ভর্তি করিয়া ছ বাল্বের ভিতর আসিয়া ফেরাস সলফাইডের সহিত বিক্রিয়া করে।

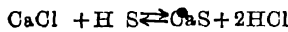
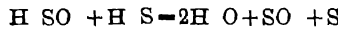
দ্রষ্টব্য মার্কারীর (পারদের) উপর মার্কারীর অপসারণ দ্বারা এই গ্যাস সংগ্রহ করা যায় না কারণ ইহা পারদের সহিত বিক্রিয়া করে।

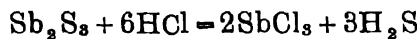
আবার পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের স্থলে পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যায় $FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S$ কিন্তু নাইট্রিক অ্যাসিড কোন ক্রমেই ব্যবহার করা যায় না কারণ প্রথমত নাইট্রিক অ্যাসিড উদ্ভূত হাইড্রোজেন সলফাইডকে জারিত করে ও তাহাতে কেবলমাত্র সলফার পড়িয়া থাকে এবং দ্বিতীয়ত ফেরাস সলফাইডও কিছুটা জারিত হইয়া ফেরাস সলফেটে পরিণত হয় এবং তাহা হইতে আর হাইড্রোজেন সলফাইড কোন প্রকারেই পাওয়া যায় না।

$$2HNO_3 + H_2S = 2NO + 2H_2O + S$$

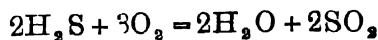
বিশুদ্ধীকরণ হাইড্রোজেন সলফাইডে সাধারণত কিছুটা হাইড্রোজেন গ্যাস এব জলীয বাষ্প মিশিয়া থাকে। হাইড্রোজেন আসে ফেরাস সলফাইডে যে কিছুটা লৌহ মৌলাবস্থায় থাকে তাহার সহিত অ্যাসিডেব বিক্রিয়াব ফলে। হাইড্রোজেন সলফাইড পবীক্ষাগারে যে কার্যের জন্য ব্যবহৃত হয় তাহাতে হাইড্রো জেন অশুদ্ধি হিসাবে থাকিলে কোন ক্ষতি হয় না। তবে বিশুদ্ধ শুষ্ক হাইড্রোজেন সলফাইড পাইতে হইলে (১) গ্যাসটিকে সোডিয়াম হাইড্রো সলফাইডেব (NaHS) দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া অ্যাসিড মুক্ত করা হয় (২) পবে বিশুদ্ধ ফসফোরাস পেণ্ট অক্সাইড (P_2O_5) অথবা অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডেব (Anhydrous Al_2O_3) ভিতব দিয়া অতিক্রম কবাইয়া জলীয বাষ্প হইতে মুক্ত করা হয় (৩) তৎপবে কঠিন কার্বন ডাই অক্সাইডের সাহায্যে শীতল কবিয়া গ্যাসটিকে তরলে রূপান্তবিত করিয়া পাম্পেব সাহায্যে হাইড্রোজেন অপসারিত করা হয়। পবে উত্তাপ প্রযোগ কবিয়া তবল H_2S হইতে গ্যাসীয় বিশুদ্ধ H_2S পাওযা যায়।

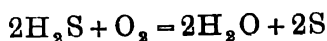
দ্রষ্টব্য গাঢ সলফিউবিক অ্যাসিড বা গলিত ক্যালসিযাম ক্লোবাইড (fused calcium hlo d) অথবা অ ওদ্ধ ফসফোবাস পেণ্ট অক্সাইড দ্বারা গ্যাসটিকে অনাদ্র অবস্থায আনা যায না কাবণ উক্ত দ্রব্যগুলিব সহিত H S এব বিক্রিয়া ঘটিযা থাকে

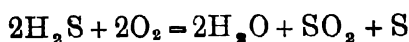
H SO +H S=2H O+SO +S
CaCl +H S⇌CaS+2HCl
P O +5H S⇌P S +5H O

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সলফাইড প্রস্তুত কবিতে হইলে অ্যান্টিমনি সলফাইডের সহিত গাঢ হাইড্রোক্লোবিক অ্যাসিড যোগ করিয়া উত্তপ্ত কবিতে হয় এব উদ্ভূত গ্যাসকে জলের ভিতর দিযা অতিক্রম কবাইয়া HCl গ্যাস হইতে মুক্ত কবা হয় পবে বিশুদ্ধ P_2O_5 এর সাহায্যে শুষ্ক করিয়া পাবদের অপভ্র শ দ্বারা পাবদের উপর স গ্রহ করা হয়। শুষ্ক বিশুদ্ধ H_2S এর পাবদেব সহিত কোন বিক্রিয়া হয না।

$$Sb_2S_3 + 6HCl = 2SbCl_3 + 3H_2S$$

হাইড্রোজেন সলফাইডের ধর্ম —হাইড্রোজেন সলফাইড বা সলফিউ রেটেড হাইড্রোজেন একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহার গন্ধ পচা ডিমের মত। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী এব ঠাণ্ডা জলে কিছুটা দ্রবণীয় কিন্তু গরম জলে ইহার দ্রবণীয়তা খুবই কম। গ্যাসটি বিষাক্ত এব বহুক্ষণ ধরিয়া শ্বাস প্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ কবিলে মারাত্মক হইতে পারে।

এই গ্যাসটি নিজে দাহ্য কিন্তু অপর বস্তুর দহনে সাহায্য করে না। অক্সিজেনে বা বায়ুতে ইহা নীল শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে অতিরিক্ত অক্সিজেনে বা বায়ুতে পুড়িয়া ইহা জল এব সলফাব ডাই অক্সাইড দিযা থাকে

$$2H_2S + 3O_2 = 2H_2O + 2SO_2$$

অক্সিজেনেব পবিমাণ কম থাকিলে H_2S পুড়িয়া জল এব সলফার দেয়

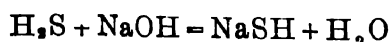
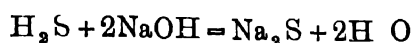
$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S$$

কিন্তু গ্যাসজারে H_2S ভর্তি করিয়া তাঁহাতে জলন্ত পাকাটিব সাহায্যে অগ্নিস যোগ করিলে ইহা নীলাভ শিখার সহিত জ্বলিয়া উঠে এব সলফার ডাই অক্সাইড ও সলফাব এব জল উৎপন্ন হয়।

$$2H_2S + 2O_2 = 2H_2O + SO_2 + S$$

হাইড্রোজেন সলফাইডের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে ঈষৎ লাল করে। সুতরা হাইড্রোজেন সলফাইড একটি অ্যাসিড গ্যাস এব ইহার জলীয় দ্রবণও একটি ক্ষীণ অ্যাসিড (weak acid)। হাইড্রোজেন সলফাইডেব জলীয় দ্রবণকে বায়ুতে উন্মুক্ত করিয়া রাখিলে বায়ুব অক্সিজেনেব জারণক্রিয়ার ফলে সলফার পৃথক হইয়া যায় এব দ্রবণ ঘোলাটে দেখায়। $2H S + O = 2H_2O + 2S$

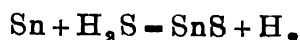
ইহার জলেব দ্রবণকে হাইড্রোসলফিউরিক অ্যাসিড বলা হয় এব এই অ্যাসিড দ্বি ক্ষারিক ক্ষার পদার্থের সহিত বিক্রিয়া কবিযা ইহা দুই প্রকার লবণ দিযা থাকে।

$$H_2S + NaOH = NaSH + H_2O$$

সোডিযাম হাইড্রোসলফাইড

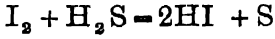
$$H_2S + 2NaOH = Na_2S + 2H O$$

সোডিয়াম সলফাইড

ইহা সিলভার লেড মার্কারী টিন প্রভৃতি ধাতুর সহিত সাক্ষাৎভাবে বিক্রিযা করে এব তাহাদের সলফাইড লবণ গঠন করে। পরীক্ষাগারে রূপার বোতাম, বা নিকেলের ঘড়ি প্রায়ই কালো হইযা যায়। ইহাব কারণ H_2S ধাতু দুইটির সহিত সহজেই বিক্রিযা করে এব ধাতু দুইটির উপর কালো আবরণ হইল তাহাদের সলফাইডের। $2Ag + H S + \frac{1}{2}O_2$ (বায়ুস্থ) $= Ag_2S + H O$

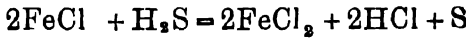
$$Sn + H_2S = SnS + H_2$$

হাইড্রোজেন সলফাইড একটি শক্তিশালী বিজারক। ইহার হাইড্রোজেনকে অপসারিত কবা যায বলিযাই ইহা বিজারকের কাজ করিতে সমর্থ হয়।

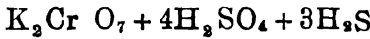
ক্লোরিণ ব্রোমিন এব আয়োডিনকে ইহা বিজারিত করিয়া উহাদের হাইড্রোজেন-যৌগ (হাইড্র্যাসিড) উৎপন্ন করে।

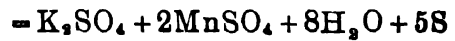
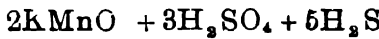
$Cl_2 + H_2S = 2HCl + S \quad Br_2 + H_2S = 2HBr + S$

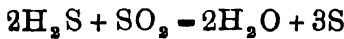
$I_2 + H_2S = 2HI + S$

এই বিক্রিয়াগুলি জলের মাধ্যমে স ঘটিত করা হয়। আয়োডিনকে জলে প্রলম্বিত অবস্থায় লওয়া হয়। প্রত্যেক ক্ষেত্রেই সলফার উৎপন্ন হয়।

ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণের মধ্য দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড অতিক্রম করাইলে হলুদ র এর দ্রবণ বর্ণহীন হয় এব সলফার অধ ক্ষিপ্ত হয় ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইয়া দ্রবণে ফেরাস ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$2FeCl + H_2S = 2FeCl_2 + 2HCl + S$$

কমলা র এব অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া H_2S অতিক্রম করাইলে দ্রবণের ব সবুজ হয় এব সলফার অধ ক্ষিপ্ত হয়। ডাইক্রোমেট বিজারিত হইয়া ক্রোমিক লবণ উৎপন্ন করে।

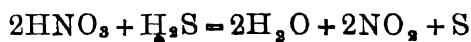
$$K_2Cr\ O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2S = K_2SO_4 + Cr_2(SO\ )_3 + 7H_2O + 3S$$

বেগুনী র এর সলফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া H S অতিক্রম করাইলে দ্রবণ বর্ণহীন হয় এব সলফার অধ ক্ষিপ্ত হয়। পারম্যাঙ্গানেট বিজারিত হইয়া ম্যাঙ্গানস্ লবণ উৎপন্ন করে।

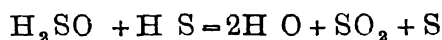
$$2KMnO\ + 3H_2SO_4 + 5H_2S = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5S$$

সলফিউরেটেড হাইড্রোজেন যখন সলফার ডাই অক্সাইড গ্যাসের সহিত মেশান হয় তখন উভয়ের বিক্রিয়ার ফলে সলফার এব জল উৎপন্ন হয়।

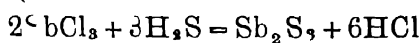
$$2H_2S + SO_2 = 2H_2O + 3S$$

সাধারণ উত্তাপে সলফার ডাই অক্সাইডের জলীয় দ্রবণের (H_2SO_3) ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড অতিক্রম করাইলেও উপরের মত বিক্রিয়া ঘটিয়া সলফার অধ ক্ষিপ্ত হয়। কিন্তু শীতল অবস্থায় (0 সেন্টি গ্রেড উষ্ণতায়) সলফার ডাই অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ হাইড্রোজেন সলফাইডের জলীয় দ্রবণের সহিত মিশাইলে প্রধানত পেন্টা থায়োনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় $10SO_2 + 5H_2S = 3H_2S_5O_6 + 2H_2O$

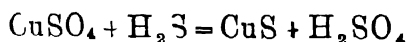
পেন্টাথায়োনিক অ্যাসিড

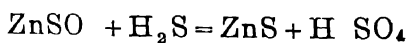
গাঢ় ধূমায়মান (fuming) নাইট্রিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড অতিক্রম করাইতে গেলে গ্যাসে আগুন ধরিয়া যায়। মধ্যম রকম পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডের ভিতর গ্যাসটি অতিক্রম করাইলে নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেন পার অক্সাইড দেয় এবং হাইড্রোজেন সলফাইড জারিত হইয়া সলফার উৎপন্ন করে।

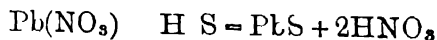
$$2HNO_3 + H_2S = 2H_2O + 2NO_2 + S$$

5% নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবণের সহিত H_2Sএর কোন বিক্রিয়া হয় না। গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর হাইড্রোজেন সলফাইড চালনা করিলে সলফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া সলফার ডাই অক্সাইড দেয় এবং সলফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$H_2SO_4 + H_2S = 2H_2O + SO_2 + S$$

হাইড্রোজেন সলফাইড অনেক ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সেই সেই ধাতুর সলফাইড গঠন করে। তাহাদের মধ্যে যে ধাতব সলফাইড জলে অদ্রাব্য তাহারা অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই ধাতব সলফাইডগুলির অনেকেরই বিশিষ্ট রং দেখিতে পাওয়া যায়। উৎপন্ন সলফাইডের রং দেখিয়া অনেক সময় কোন্ ধাতুর লবণ ব্যবহার করা হইয়াছে তাহা বলা যায়।

$$2SbCl_3 + 3H_2S = Sb_2S_3 + 6HCl$$

অ্যান্টিমনি ক্লোরাইড অ্যান্টিমনি সলফাইড (কমলা রং এর)

$$CuSO_4 + H_2S = CuS + H_2SO_4$$

কপার সলফেট কপার সলফাইড (কালো রং এর)

$$ZnSO_4 + H_2S = ZnS + H_2SO_4$$

জিঙ্ক সলফেট জিঙ্ক সলফাইড (সাদা রং এর)

$$Pb(NO_3)_2 + H_2S = PbS + 2HNO_3$$

লেড নাইট্রেট লেড সলফাইড (চকচকে কালো রং এর)

অজৈব রসায়নের ধাতব লবণসমূহের রাসায়নিক পরীক্ষায় এই বিক্রিয়াগুলির সহিত পরিচিতি বিশেষ প্রয়োজন।

পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন সলফাইডের বিকারক (Reagent) হিসাবে ব্যবহার উপরে ধাতব লবণের সহিত হাইড্রোজেন সলফাইডের যে বিক্রিয়াগুলি উল্লিখিত হইয়াছে তাহাতে উল্লেখ করা হইয়াছে যে ধাতব লবণে কোন্ ধাতু বিদ্যমান আছে তাহা উৎপন্ন ধাতব সলফাইডের রং দেখিয়া অনুমান করা

যাইতে পারে। তাই H_2S এর প্রথম ব্যবহার হইল (ক) **ধাতুর সনাক্তকরণে** (identification) যেমন—কপার সলফাইড (CuS) কালো মার্কারি সলফাইড (HgS) কালো লেড সলফাইড (PbS) চকচকে কালো জিঙ্ক সলফাইড (ZnS) সাদা অ্যান্টিমনি সলফাইড (Sb_2S_3) **কমলা** র এর আর্সেনিক সলফাইড (As_2S_3) হলদে ক্যাডমিয়াম সলফাইড (CdS) হলদে। যখন দুই বা ততোধিক ধাতব সলফাইডের র একই হয় তখন উহাদিগকে অন্য বিকারকের সহিত ক্রিয়া করাইয়া সনাক্ত করা হয়। যেমন দুইটি ধাতব লবণ দেওয়া হইয়াছে এব তাহাদের জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড অতিক্রম করাইয়া দুইটি কালো র এর সলফাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া গেল। তখন কালো সলফাইড দুইটিকে দুইটি বিভিন্ন পরীক্ষানলে লইয়া তাহাতে পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিয়া উত্তপ্ত করা হইল। যে কালো সলফাইডটি গলিয়া গিয়া সবুজ র এর দ্রবণ উৎপন্ন করিল তাহা কপার সলফাইড এব যে লবণ হইতে উহা পাওয়া গিয়াছিল তাহা কপারের লবণ। যে কালো সলফাইড পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডে গলে না তাহা মার্কারী সলফাইড এব উহা যে লবণ হইতে পাওয়া গিয়াছে তাহা মার্কারীর লবণ।

(খ) **ধাতুর শ্রেণীবিভাগে** হাইড্রোজেন সলফাইডের দ্বিতীয় ব্যবহার হইল হাইড্রোজেন সলফাইড ব্যবহার করিয়া ধাতব লবণের দ্রবণ হইতে যে সমস্ত ধাতব সলফাইড পাওয়া যায় তাহাদের দ্রাব্যতা অনুসারে তিন শ্রেণীতে ভাগ করা এব তাহার উপর নির্ভর করিয়া ধাতুগুলিরও শ্রেণীবিভাগ করা।

(i) যে সমস্ত ধাতুর সলফাইড জলে ক্ষারীয় বা অ্যামোনিয়ার দ্রবণে এবং পাতলা হাইড্রোক্লোরিক বা সলফিউরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য যথা—Hg Pb Bi Cu Cd As Sb Sn [এই ধাতুগুলি বিশ্লেষণী গ্রুপের (analytical group) II (ক) ও (খ)এর অন্তর্গত]।

(ii) যে সমস্ত ধাতুর সলফাইড জলে এব ক্ষারীয় বা অ্যামোনিয়ার দ্রবণে অদ্রাব্য কিন্তু পাতলা অ্যাসিডে দ্রাব্য যথা—Fe Zn Mn, Ni Co [এই ধাতুগুলি বিশ্লেষণী গ্রুপের III (ক) এব (খ) এর অন্তর্গত]।

(iii) যে সমস্ত ধাতুর সলফাইড জলে দ্রাব্য যথা—Ca Ba Sr Mg Na K (এই ধাতুগুলি বিশ্লেষণী গ্রুপের IV এবং V এর অন্তর্গত)।

(গ) হাইড্রোজেন সলফাইডের তৃতীয় ব্যবহার হইল দুইটি বা ততোধিক

ধাতুর লবণের মিশ্রণ হইতে ধাতু মূলকের (metallic radical) পৃথকীকরণ ° মনে করা যাউক যে একটি দ্রবণে মার্কিউরিক ক্লোরাইড জিঙ্ক ক্লোরাইড এব সোডিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত অবস্থায় আছে। ধাতুমূলকগুলিকে পৃথক করিতে হইলে প্রথমে দ্রবে পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া উত্তাপ প্রয়োগে ফুটান হইল। এই উত্তপ্ত দ্রবের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস অতিক্রম করান হইল। ইহাতে মার্কিউরিক সলফাইডের (HgS) কালো অধঃক্ষেপ পাওয়া গেল। হাইড্রোজেন সলফাইডের প্রবাহ যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত মাকারী সলফাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত চালনা করা হইল। তাহার পর দ্রবকে পরিস্রাবিত করা হইল। ফিলটার কাগজের উপর মার্কিউরিক সলফাইড পড়িয়া থাকিল এব পরিস্রুতে জিঙ্ক ক্লোরাইড এব সোডিয়াম ক্লোরাইড চলিয়া আসিল। দ্রবকে ফুটাইয়া দ্রাবিত হাইড্রোজেন সলফাইড তাড়ান হইল এব পরে দুই ফোঁটা ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করা হইল। [বিশ্লেষণী পরীক্ষায় এই প্রক্রিয়াই অনুসরণ করা হয় কারণ যদি আয়রণের লবণ দ্রবে বর্তমান থাকে তাহা H_2S দ্বারা বিজারিত হইয়া ফেরাস লবণে পরিবর্তিত হইয়া যায়। তাই তাহাকে ফেরিক লবণে রূপান্তরিত করা প্রয়োজন বিধায় নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। ফেরাস লবণকে ফেরিক লবণে পরিবর্তিত না করিলে পরবর্তী গ্রুপে যাইবার সময় অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়া যোগ করিলে আয়রণ ফেরিক হাইড্রোক্সাইডরূপে সম্পূর্ণ অধঃক্ষিপ্ত হয় না। এইখানে অবশ্য আয়রণের লবণ নাই। তাই এইভাবে নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ না করিলেও চলিতে পারে।] পরে দ্রবণে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড যোগ করিয়া অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার দ্রবণ (NH_4OH) যোগ করা হইল যতক্ষণ না দ্রবণে অ্যামোনিয়ার গন্ধ স্থায়ী হয়। তখন তাহার মধ্য দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড চালনা করা হয়। তাহাতে জিঙ্ক সলফাইডের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। দ্রবকে পরিস্রাবিত করিলে ফিলটার কাগজের উপর জিঙ্ক সলফাইড থাকিয়া যায় এবং পরিস্রুতে সোডিয়াম ক্লোরাইড চলিয়া যায়।

এইভাবে মার্কারী জিঙ্ক ও সোডিয়াম পৃথক করা হইয়া থাকে।

সলফাইড হাইড্রো সলফিউরিক অ্যাসিডের (H_2S) লবণকে সলফাইড বলে। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে এই অ্যাসিডে দুইটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান। তাই এই অ্যাসিডের নর্ম্যাল বা শমিত লবণ এব অ্যাসিড বা বাই-লবণ হইয়া থাকে।

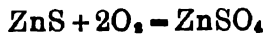
Na_2S — সোডিয়াম সলফাইড (শমিত লবণ)　　$NaSH$ — সোডিয়াম হাইড্রোসলফাইড (অ্যাসিড লবণ)

পূর্বেই হাইড্রোজেন সলফাইডের ধর্মের ভিতর উল্লেখ করা হইয়াছে যে কপার লেড মার্কারী জিঙ্ক আর্সেনিক টিন অ্যান্টিমনি প্রভৃতি ধাতুর লবণের দ্রবণের মধ্য দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস চালনা করিলেই উক্ত ধাতুগুলির সলফাইড উৎপন্ন হয় এবং উক্ত ধাতুগুলির সলফাইড জলে অদ্রাব্য বলিয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়।

আবার কোন কোন ধাতব সলফেটের সহিত কয়লার গুড়া মিশাইয়া কাঠ কয়লার উপর বিজারক শিখায় ফুৎনলের সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে সেই সেই ধাতুর সলফাইড উৎপন্ন হয়। যথা—$CaSO_4 + 4C = CaS + 4CO$

সলফাইডগুলির ভিতর কতকগুলি জলে দ্রাব্য যথা—Na_2S K_2S CaS ইত্যাদি। কিন্তু CaS যখন চুল্লীতে উৎপন্ন হয় তখন ইহা জলে অদ্রাব্য। কতকগুলি সলফাইড জলে এবং ক্ষারীয় অ্যামোনিয়ার দ্রবণে অদ্রাব্য কিন্তু পাতলা অ্যাসিডে দ্রাব্য যেমন—ZnS FeS MnS ইত্যাদি। আবার কতকগুলি সলফাইড জলে ক্ষারীয় ও অ্যামোনিয়ার দ্রবণে এবং পাতলা অ্যাসিডে অদ্রাব্য যেমন—CuS HgS As_2S_3, Sb_2S_3 ইত্যাদি। বায়ুর সংস্পর্শে সলফাইডগুলিকে উত্তপ্ত করিলে ধাতব অক্সাইড এবং সলফার ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয় যথা—$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$

সময় সময় কম উত্তাপ প্রয়োগে ধাতব সলফাইড সলফেটে পরিণত হয়, যেমন—

$$ZnS + 2O_2 = ZnSO_4$$

হাইড্রোজেন সলফাইড এবং ধাতব সলফাইডের অভীক্ষণ• হাইড্রোজেন সলফাইডকে তাহার গন্ধদ্বারাই সনাক্ত করা হয়। ইহা ছাড়া গ্যাসের ভিতর লেড অ্যাসিটেটের [$Pb(CH_3COO)_2$] দ্রবণে সিক্ত কাগজ ধরিলে সাদা কাগজ কাল হইয়া যায় কারণ কালো লেড সলফাইড উৎপন্ন হয়। কস্টিক সোডার ($NaOH$) পাতলা দ্রবণে হাইড্রোজেন সলফাইড অতিক্রম করাইলে সোডিয়াম সলফাইড উৎপন্ন হয়। এই সোডিয়াম সলফাইডের দ্রবণে কয়েক ফোঁটা সদ্য প্রস্তুত সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইডের {$Na_2[Fe(CN)_5NO]$} দ্রবণ যোগ করিলে দ্রবণের রং বেগুনী হয়।

কতকগুলি ধাতব সলফাইডের উপর (যথা—PbS ZnS CaS ইত্যাদি) পাতলা অ্যাসিড যোগ করিলে হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস বুদবুদের আকারে

বাহির হয়। গ্যাসের গন্ধদ্বারা এবং তাহার লেড অ্যাসিটেটের দ্রবণে ডোবান কাগজকে কালো করিবার ক্ষমতাদ্বারা তাহাকে হাইড্রোজেন সলফাইড বলিয়া চেনা যায়। কিন্তু অন্য কতকগুলি ধাতব সলফাইড হইতে এইভাবে অ্যাসিডের ক্রিয়াদ্বারা হাইড্রোজেন সলফাইড পাওয়া যায় না (যেমন—As_2S_3 CuS ইত্যাদি)। তখন উক্ত ধাতব সলফাইডে ধাতব জিঙ্ক এবং পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিতে হয়। তখন জায়মান হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ার ফলে উক্ত সলফাইডগুলি হইতে হাইড্রোজেন সলফাইড বাহির হইয়া আসে এবং তাহাকে পূর্বের মত গন্ধদ্বারা এবং লেড অ্যাসিটেটের দ্রবণে ডোবান কাগজদ্বারা সনাক্ত করা যায়।

সলফাইডকে অন্য ভাবেও চেনা যাইতে পারে। ধাতব সলফাইডের সহিত সোডিয়াম কার্বনেট ও কষ্টিক সোডার খণ্ড মিশাইয়া উত্তাপ প্রয়োগে গলান হয় এবং পরে ঠাণ্ডা করিয়া যে কঠিন দ্রব্য পাওয়া যায় তাহাকে জলে যোগ করিয়া ফুটান হয়। ঠাণ্ডা করিয়া ঐ দ্রবকে পরিস্রাবণ দ্বারা অদ্রাব্য পদার্থ হইতে পৃথক করা হয়। পরে উক্ত দ্রবণে কয়েক ফোটা সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইডের সদ্য প্রস্তুত দ্রবণ যোগ করিলে দ্রবণের রং বেগুনী হয়। এই রং দ্রবণে একমাত্র ক্ষারীয় সলফাইড থাকিলেই উৎপন্ন হইয়া থাকে।

$$Na_2S + Na_2[Fe(CN)_5NO] = Na_4[Fe(CN)_5NOS]$$

দ্রষ্টব্য হাইড্রোজেন সলফাইডের সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইডের সদ্য প্রস্তুত দ্রবণের সহিত কোন বিক্রিয়া হয় না এবং সেই কারণে ইহা (H_2S) নাইট্রোপ্রুসাইডের দ্রবণের রংএর কোন পরিবর্তন ঘটাইতে পারে না।

Questions

1 Describe with equation and a sketch the method of preparation of hydrogen sulphide in the laboratory What are the substances used for drying hydrogen sulphide? Why hydrogen sulphide is called hydro sulphuric acid? What is the chief impurity present in hydrogen sulphide prepared by the laboratory method and how is that impurity removed?

১। পরীক্ষাগারে কিভাবে হাইড্রোজেন সলফাইড প্রস্তুত করা হয় সমীকরণ ও চিত্র সহকারে তাহা বর্ণনা কর। হাইড্রোজেন সলফাইডকে শুষ্ক করিতে হইলে কোন্ কোন্ দ্রব্য

ব্যবহৃত করা হয় ? হাইড্রোজেন সলফাইডকে হাইড্রোসলফিউরিক অ্যাসিড বলা হয় কেন ? এইভাবে উৎপন্ন হাইড্রোজেন সলফাইডে বিশেষ অশুদ্ধি কি থাকে এবং তাহা কিভাবে অপসারিত করিতে পারা যায় ?

2 Describe the method of preparing dry and pure hydrogen sulphide Describe the reactions that occur between hydrogen sul phide and the following substances with equations —

(a) an aqueous solution of nitric acid (b) an aqueous solution of ferric chloride (c) an aqueous solution of lead nitrate (d) an aqueous solution of sulphur dioxide (e) an aqueous solution of zinc sulphate and (f) iodine suspended in water

২। বিশুদ্ধ এব শুষ্ক হাইড্রোজেন সলফাইড প্রস্তুত করিবাব প্রণালী বর্ণনা কব। নিম্ন লিখিত দ্রব্যগুলিব সহিত হাইড্রোজেন সলফাইডেব যে বাসাযনিক বিক্রিষা ঘটিযা থাকে তাহা সমীকবণ সহকাবে বর্ণনা কব —

(ক) নাইট্রিক অ্যাসিডেব জলীয দ্রবণ (খ) ফেবিক ক্লোবাইডেব জলীয দ্রবণ (গ) লেড নাইট্রেটেব জলীয দ্রবণ (ঘ) সলফাব ডাই অক্সাইডেব জলীয দ্রবণ (ঙ) জিঙ্ক সলফেটের জলীয দ্রবণ এবং (চ) আযোডিনযুক্ত জল।

3 Write what you know about the use of hydrogen sulphide as a chemical reagent

৩। হাইড্রোজেন সলফাইডেব বাসায়নিক বিকাবক হিসাবে ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

4 How is hydrogen sulphide generated in the laboratory for use as a chemical reagent ? Give a neat sketch of the apparatus used Explain why dilute nitric acid cannot be used in place of dilute sul phuric acid in the preparation of hydrogen sulphide

৪। হাইড্রোজেন সলফাইড রাসাযনিক বিকাবক হিসাবে পবীক্ষাগাবে ব্যবহার করিবার জন্য কিভাবে উৎপাদন কবা হয চিত্রসহকারে তাহা বর্ণনা কব। হাইড্রোজেন সলফাইড প্রস্তুত কবিতে পাতলা সলফিউবিক অ্যাসিডেব স্থলে পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড কেন ব্যবহার করা যায় না তাহা বিশদভাবে বুঝাইযা দাও।

5 Write what you know about sulphides Give the name with formulae of some of the natural sulphides State how the metallic sulphides have been classified

৫। সলফাইড লবণ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। কযেকটি প্রাকৃতিক সলফাইডের নাম সংকেত সহকারে উল্লেখ কর। ধাতব সলফাইডগুলির কিভাবে শ্রেণী বিভাগ করা হইয়াছে তাহা বর্ণনা কর।

6 Describe in the form of experiments the reducing property and the acid character of hydrogen sulphide Discuss the following reactions with equations —

(a) gaseous hydrogen sulphide passed into caustic soda solution (b) hydrogen sulphide is passed into an alkaline zinc salt solution (c) hydrogen sulphide is passed into saturated solution of sulphur dioxide cooled in ice ; (d) hydrogen sulphide is passed into bromine water

৬। হাইড্রোজেন সলফাইডের বিজারক গুণ এবং অ্যাসিড ধর্ম পরীক্ষামূলকভাবে বর্ণনা কর। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি সমীকরণ সহকারে বর্ণনা কর –

(ক) হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস কষ্টিক সোডার জলীয় দ্রবণে চালনা করা হইল (খ) হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস ক্ষারীয় জিঙ্কের লবণের দ্রবণে চালনা করা হইল (গ) বরফ দ্বারা সলফার ডাই অক্সাইডের সংপৃক্ত দ্রবণকে শীতল করিয়া তাহার মধ্য দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড চালনা করা হইল (ঘ) ব্রোমিন জলের মধ্যে হাইড্রোজেন সলফাইড চালনা করা হইল।

7 Write short note on

The use of H_2S as an analytical reagent

(Higher Secondary West Bengal 1963)

৭। হাইড্রোজেন সলফাইডের বিকারক হিসাবে ব্যবহার সম্বন্ধে নাতিদীর্ঘ বর্ণনা দাও।

প্রয়োজনীয় সমীকরণসমূহ

BaO +H SO =BaSO +H O

8BaO$_2$+2H PO =Ba (PO) +8H O

Na O +H SO =Na SO +H O

2FeSO +H SO +H O
=Fe (SO) +2H O

PbS+4H O =PbSO +4H O

2KI+H O =2KOH+I

MnO +H SO +H O
=MnSO +2H O+O

2KMnO +8H SO +5H O
=K SO +2MnSO +8H O+5O

2FeSO +Ag SO =Fe (SO) +2Ag

2KI+HgCl =HgI +2KCl

2NH Cl+CaO=CaCl +H O+2NH

NaNO +8H=NaOH+2H O+NH

Mg N +6H O=8Mg(OH) +2NH

N +8H ⇄ 2NH

CaSO +CO +2NH +H O
=CaCO +(NH) SO

4NH +5O =6H O+4NO

2NO+O =2NO

2NO +H O=HNO +HNO

8CuO+2NH =3Cu+3H O+N

KNO +H SO =KHSO +HNO

4HNO =4NO +2H O+O

8Cu+8HNO =8Cu(NO)
+2NO+4H O

C+4HNO =4NO +CO +2H O

S+2HNO =H SO +2NO

I +10HNO =2HIO +10NO +4H O

4P+10HNO +H O=4H PO
+5NO+5NO

6FeSO +8H SO +2HNO
=8Fe (SO$_4$)$_3$+2NO+4H$_2$O

4Zn+10HNO =4Zn(NO)
+NH NO +8H O

Ag+2HNO =AgNO
(hot) +NO +H O

Fe+6HNO =Fe(NO)
(hot) +8NO +8H O

5Cu+2HNO =5CuO+H O+N
(vapour)

2NaNO =2NaNO +O

NH NO =N O+2H O

2Pb(NO) =2PbO+4NO +O

Ca (PO) +8H SO =8CaSO
+2H PO

4P+8NaOH+3H O=PH
+4N H PO

C+2H SO =CO +2SO +2H O

CaCO =CaO+CO

CaCO +2HCl=CaCl +H O+CO

2Mg+CO =2MgO+C

Ca(OH) +CO =CaCO +H O

CaCO +H O+CO =Ca(HCO)

2K Fe(CN) +6H SO +6H O
=2K SO +FeSO
+8(NH) SO +6CO

CO+NaOH=HCOONa

C O+CO=Cu+CO

2NaCl+H SO =Na SO +2HCl

MnO +4HCl=MnCl +Cl +2H O

2KMnO +16HCl=2KCl
+2MnCl +8H O+5Cl

2NaOH+Cl =NaCl+NaOCl+H O

6NaOH+8Cl =NaClO
(hot) +5NaCl+8H O

SO +Cl +2H O=2HCl+H SO

Ca(OH) +Cl =Ca(OCl)Cl+H O

2NaOH+2F =2NaF+H$_2$O+F O

CaF +H SO =CaSO +2HF

পবিভাষা

ABSOLUTE scale—পরম স্কেল বা মাত্রা
Absolute temperature—পরম উষ্ণতা
Absorbed—বিশোষিত
Absorption—বিশোষণ
Acidic—আম্লিক
Acidification—অম্লীকরণ
Acidify—অম্ল করা
Acidity of a base—ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা
Acid proof—অম্ল[illegible] অম্লাভেদ্য
Acid salt—অম্ল লবণ
Acid strong—তীব্র অম্ল
Acid weak—মৃদু অম্ল
Activated—ক্রিয়াসমন্বিত
Adsorption—অধিশোষণ
Aerated—বাতান্বিত
Allotropic modification—রূপভেদ
Analogous—সদৃশ
Analytical—বৈশ্লেষিক
Antiseptic—বীজাণুবারক
Apparatus—যন্ত্র
Aqua regia—অম্লরাজ
Artificial—কৃত্রিম
Aspirator—বাতচোষক
Attraction—আকর্ষণ

BAD conductor—কু পরিবাহী
Bath—উষ্মক
Beaker—বীকার
Bee hive self—মধুকোষ পীঠ
Bell jar—বেল জার কাচের পরিচ্ছাদক
Binary compound—দ্বিযৌগিক পদার্থ
Boiling point—স্ফুটনাঙ্ক
Bone ash—অস্থিভস্ম
Bunsen burner—বুনসেন দীপ

CAMPHOR—কর্পূর
Capillary tube—কেশ নল
Clay pipe triangle—মুষাধার
Concentrate—গাঢ়ীকরণ
Condensation—ঘনীভবন
Condenser—শীতক
Conduction—পরিবাহিতা
Cork borer—ছিপিতে ছিদ্র করিবার যন্ত্র
Cycle—চক্র
Carbon—কার্বন।

DEFLAGRATING SPOON—উজ্জ্বলন চামচ
Dehydrating agent—নিরুদক কারক
Deposit—পরিন্যাস
Di acid base—দ্বি আম্লিক ক্ষার
Dialyser—বিশ্লেষক ঝিল্লী
Dissolve—দ্রবীভূত করা
Ductility—প্রসার্যতা
EQUATION—সমীকরণ
Estimation—পরিমাপন

Eudiometer—গ্যাসমান যন্ত্র
Eudiometry—গ্যাসমিতি
Exo-thermic—তাপ উৎপাদক
Expansion—প্রসারণ
FIXATION—বন্ধন
Formation—সংগঠন
Fractional—আংশিক
Freezing mixture—হিমমিশ্র
Froth—ফেনা
Fuming—ধূমায়মান
Funnel—ফানেল
— Dropping—বিন্দুপাতী—
— Separating—পৃথক্‌কারী—
— Thistle—দীর্ঘনল

GAS HOLDER—গ্যাসাধার
Gas jar—গ্যাস জার
Germicidal—বীজাণু নাশক
Granular—দানাদার
Granulated zinc—জিঙ্কের (দস্তার) ছিবড়া
Gravimetric composition—তৌলিক সংযুতি
Gun powder—বারুদ
HEAT—তাপ (v) উত্তাপ দেওয়া
Heat of reaction—বিক্রিয়া তাপ
Hotness—উষ্ণতা
Hydrolysis—আর্দ্র বিশ্লেষণ
Hypothesis—প্রকল্প

IDENTIFICATION—সনাক্ত করণ
Impurity—অপদ্রব্য
Incinerate / Incineration — ভস্মীকরণ
Ionisation—আয়নিত হওয়া

KIPP'S Apparatus—কিপ যন্ত্র
LABORATORY—পরীক্ষাগার প্রযোগশালা, রসশালা
Ladle—হাতা
Lid—ঢাকনা
Lime kiln—চুনের ভাটি
Lustre—দ্যুতি
Lustrous—দ্যুতিমান
MALLEABILITY—ঘাতসহতা
Manometer—প্রেষমান যন্ত্র
Monacid—একাম্লিক
Monatomic—এক পরমাণুক
Monovalent—একযোজী
Mother liquor—শেষ দ্রব

NATIVE—প্রাকৃত
Non conductor—অপরিবাহী
Non luminous—দীপ্তিহীন
Non volatile—অনুদ্বায়ী
Normal pressure—প্রমাণ চাপ
Normal temperature—প্রমাণ উষ্ণতা
N T P—প্রমাণ অবস্থা
Nitrogen—নাইট্রোজেন

OCTAHEDRAL—অষ্টতল
Odour—গন্ধ
Odourless—গন্ধহীন
Opaque—অস্বচ্ছ
Oven—চুল্লী

PNEUMATIC trough—গ্যাসদ্রোণী
Porosity—সবন্ধ্রতা
Practical—ব্যবহারিক
Pressure—চাপ

Process—প্রক্রিয়া
Period—পর্যায়
Periodic law—পর্যায় সূত্র
Periodic table—পর্যায় সারণী
Physical change—অবস্থাগত পরিবর্তন
Pumice—ঝামাপাথর
Preparation—প্রস্তুতি
Pressure—প্রেষ চাপ
Promoter—উদ্দীপক
Property—ধর্ম
Purification—শোধন
QUALITATIVE—আঙ্গি
Quantitative—মা
RAW material—কাঁচা মাল
Reaction product—বিক্রিয়াজাত ফল
Rearrangement—প্রতিবিন্যাস
Rectification—শোধন
Reducing agent—বিজারক দ্রব্য
Regenerator—পুনরুৎপাদনকারী
Reversible—উভমুখী
Roasting—তাপ জারণ
Rock salt—খনিজ লবণ
SALT complex—জটিল লবণ
Separating funnel—পৃথককারী ফানেল
Slow combustion—মৃদু দহন
Solidification—কঠিনীভবন
Solute—দ্রাবিত পদার্থ
Soot—ভূসা
Spark—স্ফুলিঙ্গ
Specific gravity—আপেক্ষিক গুরুত্ব
Stand tripod—ত্রিপাদধানী
Strong—তীব্র
—acid—তীব্র অম্ল
Superheated—অতি তপ্ত
Super saturated—অতি পৃক্ত
System—পদ্ধতি
TABLE—সারণী
Test—পরীক্ষা
Tongs—চিমটা
Tower—স্তম্ভ
Test tube stand—পরীক্ষা নলধানী
Thermometer—তাপমান যন্ত্র
Transformation—রূপান্তর
Transition temperature—পরিবর্তাঙ্ক
Turbid—ঘোলাটে
UNDECOMPOSED—অবিকৃত
Unstable—দুস্থিত
VACUUM distillation—অধঃপ্রেষ পাতন
Vapour density—বাষ্পীয় ঘনত্ব
Vaporisation—বাষ্পীকরণ বাষ্পীভবন
Volumetric composition—আয়তনিক সংযুতি
WASH bottle—ধৌতকরণ বোতল
Water proof—জলাভেদ্য
White hot—শ্বেত তপ্ত
Woulfe's bottle—উল্‌ফ বোতল
ZINC dust—দস্তা বজ